

Radar Transceiver용 X-밴드 PLL 주파수 합성기 설계 및 제작

이현수^o · 박동국

한국해양대학교 전자통신공학과*

E-mail : cafemonica@hotmail.com

Design And Implementation of X-Band Frequency Synthesizer for Radar Transceiver

Hyun soo Lee^o · Dong Kook Park

Dept. of Electronic and Communication Eng.

Korea Maritime University*

Abstract

A frequency synthesizer of 10 GHz ~ 11 GHz for FMCW radar is designed and implemented by the form of indirect frequency synthesizer of a single loop structure. The synthesizer uses a high speed digital PLL chip. It is difficult to divide directly by using a program counter of PLL chip because the output frequency of VCO is 10 GHz ~ 11 GHz, so we lower the frequency to 625 MHz ~ 687.5 MHz by using a prescaler, and then divide the frequency by the program counter. The output frequency sweep of VCO from 10 GHz to 11 GHz is measured.

Key words : FMCW radar, frequency synthesizer, single loop structure, prescaler

I. 서 론

FMCW 레이더에서 도플러 측정과 MTI(Moving Target Indicator), 고해상도 등의 기능을 수행하기 위해서는 송신신호와 수신신호간의 위상차를 검출할 수 있는 시스템을 구성하고 안정된 신호주파수를 발생시켜야 한다[1], [2]. 그림 1의 FMCW Radar에서는 전압 제어 발진기(VCO)의 전압변화에 따른 주파수의 변화가 선형적이지 않으면 송·수신되는 신호주파수는 일정한 거리차이를 나타낼 수 없게

된다.

일반적으로 선형적인 주파수 신호를 발생시키기 위해 주파수 합성기(Frequency synthesizer)를 이용하는데, 주파수 합성방식은 직접 주파수 합성 방식과 간접 주파수 합성 방식으로 나눌 수 있다. 직접 합성 방식은 빠른 주파수 스위칭 시간과 낮은 위상 잡음을 나타내는 장점을 갖고 있지만, 구조의 복잡성과 많은 수의 스퓨리어스 신호를 발생시킨다는 단점을 갖고 있다. 이에 반해 간접 합성 방식은 스위칭 시간이 길지만 스퓨리어스 신호에 의한 영향

이 적고, 구조가 간단하며, 궤환 루우프를 사용해서 위상 잡음을 줄일 수 있는 장점을 갖고 있다[3], [4].

본 논문에서는 위상잡음과 스퓨리어스 영향이 적은 간접 주파수 합성 방식을 이용하여, 10 GHz ~ 11 GHz 까지 선형적으로 동작하는 주파수 합성기를 설계 및 제작하고자 한다.

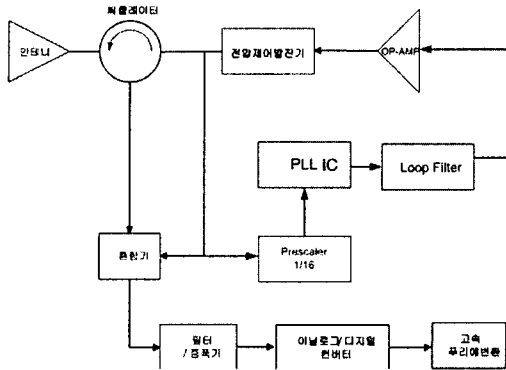


그림 1. FMCW 레이다 블록 다이어그램

II. 주파수합성기의 설계 및 제작

간접 주파수 합성기는 기본적으로 PLL에 의한 궤환 방식으로써 위상비교기, 루우프 필터, 전압 제어 발진기(VCO), 분주기 등으로 구성되며, 궤환회로의 주파수 분주율을 변화시켜 출력주파수를 조절한다 [5], [6].

그림 2는 일반적인 단일 루우프 주파수 합성기의 구성도를 나타내고 있다. 기준신호발진기에서 발생된 신호는 안정된 주파수와 낮은 위상잡음 특성을 나타내며, 주파수 합성기의 출력주파수 해상도를 조절하기 위해서 사용하는 R 분주기에 인가된다.

위상비교기는 R 분주된 기준신호와 궤환회로를 통해 인가되는 출력주파수의 위상을 상호 비교하여 신호의 위상차에 비례하는 전압을 발생시킨다. 또한 루우프 필터는 위상비교기의 출력 전압에 포함된 고주파 성분을 제거하고, 비교기의 출력전압이 VCO에서 요구하는 제어전압 범위가 되도록 변환시키며, 전체 주파수 합성기의 위상 전달특성과 대역폭을 결정한다. 단일 루우프 구조에서 루우프 필터는 저역통과 특성을 나타내며, 스위칭시간, 측파대, 스퓨리어스 잡음, 위상잡음 등에 많은 영향을 미치는 부분이다.

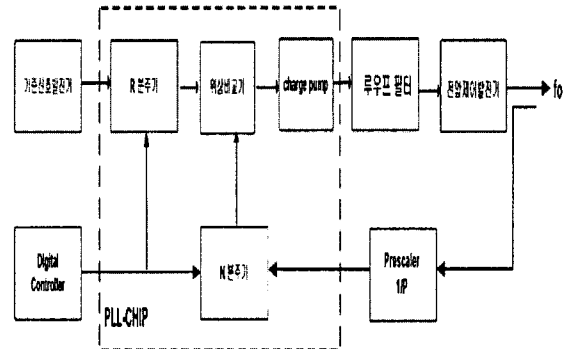


그림 2. 단일 루우프 주파수 합성기

본 논문에서 목표로 하는 10 GHz ~ 11 GHz 까지 선형적으로 동작하는 주파수 합성기 제작을 위해 VCO를 9.5 GHz ~ 11 GHz에서 동작하며, +10dBm 출력 전력을 발생하고 낮은 위상잡음(-85 dBc/Hz @ 100kHz offset)을 나타내는 VTO-8951 제품을 사용하였다. 그리고 4 분주하는 2개의 프리스케일러를 사용하여 PLL칩에 인가하여 주었다. 프리스케일러로는 HMC365G8, HMC433을 사용하였으며, PLL 칩은 National社, LMX2326을 사용하였다. PLL 칩은 위상비교기와 charge pump를 포함하고 있고 궤환회로의 분주기는 21비트의 카운터와 분주율 32/33를 선택적으로 사용할 수 있는 프리스케일러로 구성되어 있다. 분주율 N 및 R은 serial 데이터의 디지털 신호에 의하여 조절하며, serial 데이터를 보내기 위하여 PC를 사용하였다.

단일 루우프 구조에 포함이 되는 여파기는 저역통과 여파기로서 위상 비교기의 출력을 안정된 dc 전압으로 만들어서 VCO에 공급해 주며, 주파수 분주기와 함께 PLL회로의 대역폭을 결정하는 부분이다. 그림 3은 제작한 주파수 합성기에서 사용되는 루우프 필터를 나타낸 것으로 3차 저역통과 여파기와 증폭기로 구성된다.

위상 비교기의 출력에 나타나는 신호는 위상차에 해당하는 전압과 함께 입력신호의 주파수 성분이 같이 나타나는데 루우프 필터에서 입력신호의 고주파 성분을 제거한다. PLL 칩의 charge pump 전압은 0.4V~4.7V까지의 범위에서 나타난다. 원하는 주파수 대역에서 VCO를 제어하기 위해서는 입력 제어전압이 3.7 V ~ 8 V까지 가변되어야 하므로 charge pump 출력전압을 VCO 제어전압 범위로 선형적으로 변환시키기 위해 증폭율이 1.8인 증폭기를

루우프 필터와 함께 사용하였다.

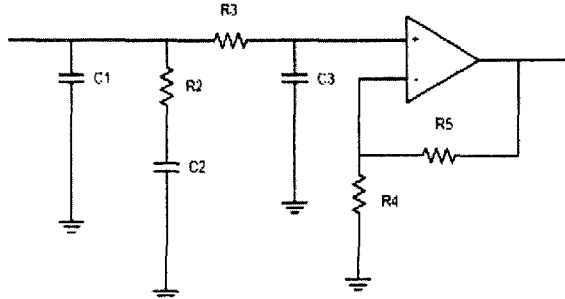


그림 3. 루우프 필터 및 증폭부 회로도

루우프 필터 설계시 주파수 안정화 시간, 위상잡음, 안정성 등의 특성에서 상호 타협이 이루어져야 하며, 루우프의 대역폭을 크게 할수록 안정화 시간은 빠르지만, 넓은 대역폭에 따른 높은 기준주파수 스퓨리어스를 발생시킨다. 기준주파수 스퓨리어스를 감소시키기 위해서는 루우프 대역폭을 감소시키거나 많은 저역통과 여파기를 사용하면 되지만, 안정화 시간은 증가된다.

기준신호 발전기는 안정성이 매우 높고, 낮은 위상잡음 특성을 갖는 12.8 MHz의 TCXO를 사용하였다.

그림 4에 제작된 단일 루우프 주파수 합성기를 나타내었다. 제작한 주파수 합성기는 100 kHz의 주

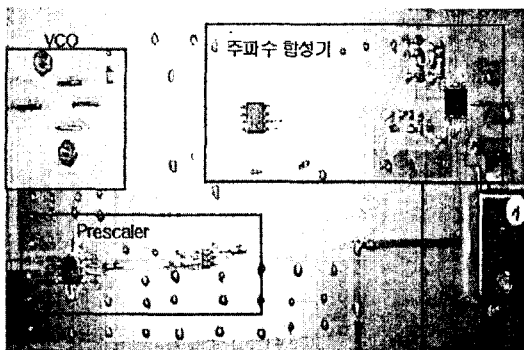
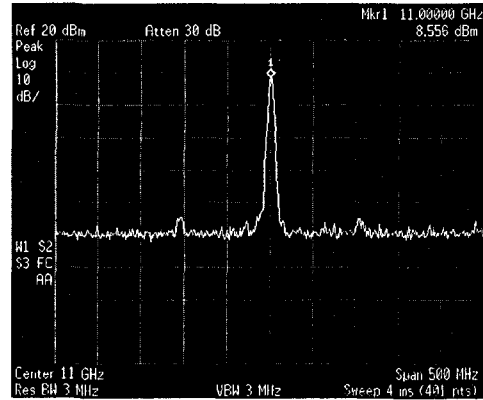


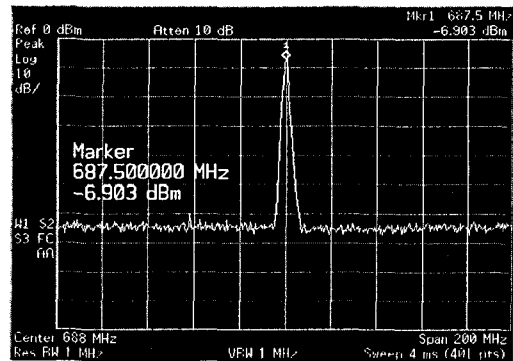
그림 4. 제작된 단일 루우프 주파수 합성기
파수 해상도를 유지하며, 10 GHz ~ 11 GHz 대역의 출력 주파수를 발생시킨다. 기준신호발전기에서 인가되는 12.8 MHz 주파수를 분주율 128에 의해

분주하여 100 kHz 주파수로 변환하고, 이를 위상비교기에 인가한다. 궤환회로에서는 프리스케일러에서 16분주하여 주파수 스텝이 100 kHz로 하였으며, PLL칩 내의 N 분주기에서 1/6250 ~ 1/6875 배로 분주하여 위상비교기에 인가하였다.

제작한 주파수 합성기에서 주파수 스텝은 100 kHz, N 분주기의 분주율을 6875으로 입력하여 VCO 출력 주파수 11 GHz와 이주파수를 16분주한 687.5 MHz의 출력값을 측정하여 그림 5에 나타내었다. 그림 5-(a)에서 출력전력이 8.5 dBm 인 것을 알 수 있으며, 그림 5-(b)에 프리스케일러를 거쳐 16 분주한 값과 정확히 주파수가 일치하는 것을 볼 수 있다.

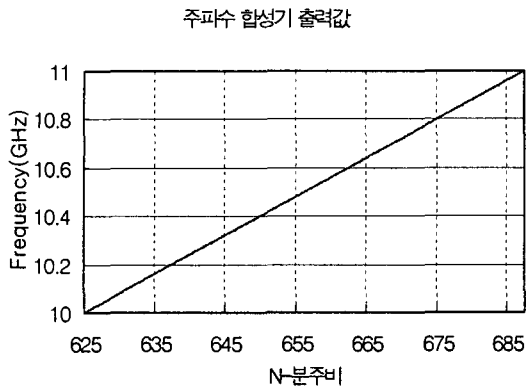


(a) 출력주파수 : 11GHz

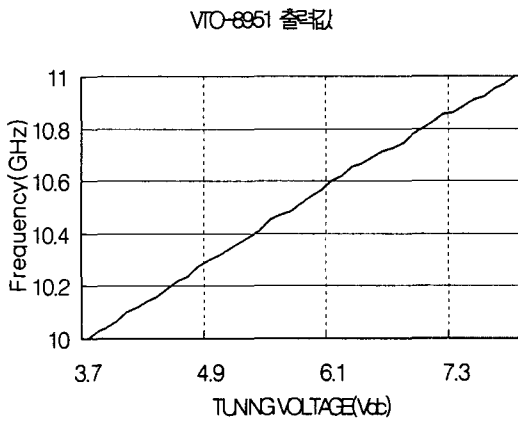


(b) 출력주파수 687.5MHz

그림 5. 제작된 주파수 합성기의 VCO 및 프리스케일러의 16 분주한 출력결과



(a) 주파수 합성기 출력값



(b) VCO(VTO-8951) 출력값

그림 6. 분주비와 전압변화에 따른 출력주파수

그림 6-(a)는 N 분주비의 값이 625 에서 685 로 연속적으로 변할 때 VCO의 출력 주파수를 측정 한 결과이다. 또한 그림 6-(b)는 PLL 회로를 사용하여 주파수 안정화를 하지 않은 VTO-8951의 제어전압 변화에 따른 출력 주파수 변화를 나타내었다. PLL 회로를 사용하여 주파수 안정화를 한 경우인 그림 6-(a)가 선형적으로 변하는 것을 볼 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 FMCW 레이다에서 거리 판별에 아주 중요한 선형적인 안정된 출력 주파수를 만들어 낼 수 있는 주파수 합성기를 구현하였다. 간접 주파수 합성방식으로 10 GHz ~ 11 GHz 까지 선형

적으로 변하며, 출력 전력이 약 8.5 dBm 에 해당하는 주파수 합성기를 제작하였다.

본 논문에서 제작된 주파수 합성기를 사용한 FMCW 레이다를 제작하여 분해능이 우수한 레이다 개발에 대한 연구를 현재 진행 중이 있다.

참고문헌

- [1] B. Edde, Radar : Principles, Technology, Application. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993.
- [2] J. W. Taylor Jr, Ch. 3 in M.I. Skolnik, Ed., Radar Handbook, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1990.
- [3] V. Manassewitsch, Frequency Synthesizer Theory and Design. New York: John Wiley & Sons, 1980
- [4] U. L. Rohde, Digital PLL Frequency Synthesizers Theory and Design. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1983.
- [5] J. A. Crawford, Frequency Synthesizer Design Handbook. Boston: Artech House, 1994.
- [6] G.A. Breed, Ed., Frequency Synthesizer Handbook. RF Design, 1992.