

대역통과 필터가 집적된 고격리도 흡수식 SPDT 스위치

소유리, 곽운건, 이종철*
광운대학교

jclee@kw.ac.kr

An Absorptive SPDT Switch Integrated by Bandpass Filter with High Isolation

Yu-Ri So, Yun-Jian Guo, Jong-Chul Lee*
Kwangwoon Univ.

요 약

본 논문은 PIN 다이오드와 $\lambda/4$ 라인으로 구성된 송수신(T/R) 스위치에 관한 새로운 구조를 제시한다. 대역통과 필터를 집적한 PIN 다이오드 스위치 구조이며, 3 단 구조의 2 개의 SPST 대역통과 통합 스위치가 조립되어 SPDT 스위치를 구성한다. 이 스위치는 150MHz의 대역폭으로 3.9GHz에서 대역통과 응답을 달성하고 110dB의 높은 격리도를 제공한다.

I. 서 론

흡수 스위치 (Absorptive Switch)는 시스템 임피던스와 일치하도록 출력 포트가 50 Ohm 부하로 종단되는 스위치다. 이렇게 되면 스위치가 OFF 일 때 신호가 포트의 종단/부하에 의해 흡수되고 스위치에 다시 반영되지 않는다. 이로 인해 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)이 낮아진다. SPDT (Single Pole Double Throw) 스위치 설계의 주요 매개 변수는 송신기와 수신기 사이의 높은 절연성과 컴팩트한 크기이다. 지금까지 전계효과 트랜지스터(FET) 또는 PIN 다이오드를 사용하여 성능을 개선하기 위해 많은 노력을 기울였다 [1~4]. 이 두 요소의 선택은 회로 크기와 필요한 최대 전력 처리 용량에 따라 다르다. SPDT 스위치는 SPST (Single-pole-Single-Throw) 스위치에 BPF (Band-Pass-Filter)와 흡수 스위치를 결합하여 설계하였다. PIN 다이오드를 이용하면 FET 소자에 비해 많은 전력 소모의 단점이 있으나 높은 항복 전압, 낮은 삽입 손실, 높은 스위칭 차단 주파수, 그리고 높은 전력 수용 능력 등의 장점이 있다. 반사 T/R 스위치는 안테나로 전환되지 않는 포트 또는 OFF 상태 포트에서 반사 손실이 낮은 문제가 있다. 낮은 반사 손실은 임피던스 불일치로 인해 들어오는 신호가 다시 소스로 반사되어 발생한다. 이 문제를 해결하기 위해 흡수 BPF 스위치 회로를 설계하였다.

II. 본론

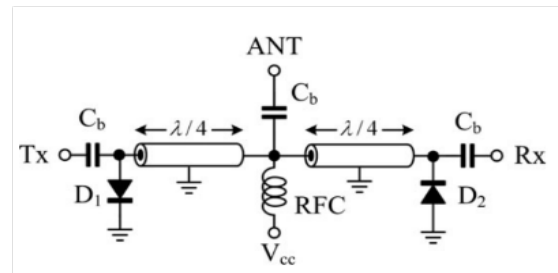


Figure 1 A conventional configuration of PIN diode SPDT switch that has shunt diodes terminating quarterwave lines.

Fig. 1 과 같이 가장 일반적인 PIN 스위치의 구성은 PIN 다이오드를 이용하여 $\lambda/4$ 파장 라인으로 구성하는 것이다. 이 PIN 스위치는 삽입 손실, 절연, 전력 처리를 비롯한 우수한 신뢰성을 제공한다. 필터 통합 스위치의 핵심 개념은 다양한 바이어스 조건에서 PIN 다이오드의 특성을 기반으로 한다. 순방향 바이어스 시, 전류가 P 에서 N 접합으로 흘러 매우 낮은 순방향 저항을 유발한다. 따라서 PIN 다이오드 양단이 단락되어 있다고 가정할 수 있다. 역 바이어스 시, 역방향 전압은 PIN 다이오드의 i 층에 있는 자유 전자를 제거하므로 작은 직렬 캐패시턴스인 C_j 로 나타난다. 이 작은 캐패시턴스는 RF 신호에 대한 높은 임피던스를 초래한다. 따라서 PIN 다이오드 양단에 개방 회로를 가정할 수 있다. 이 고유한 특성으로 PIN 다이오드 스위치와 BPF의 기능을 결합할 수 있다.

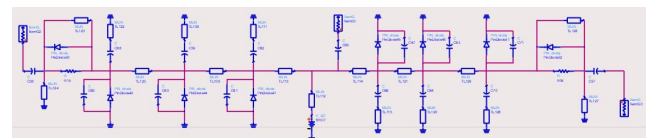


Figure 2 Proposed absorptive SPDT switch integrated bandpass filter.

Fig. 2 와 같이 이 회로에서는 3 단으로 이루어진 2 개의 SPST 대역통과 통합 스위치가 조립되어 SPDT 스위치를 형성하였다. 시뮬레이션 결과에 따르면, Tx 및 Rx 상태 모두에서 스위치는 Fig. 3 과 같이 3.85~4.0 GHz 주파수 범위에 대해 낮은 삽입 손실과 높은 격리도(110 dB 이상)를 제공하였다.

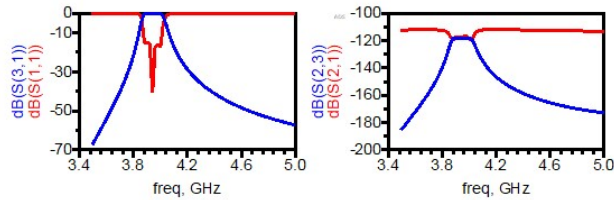


Figure 3 Simulation results of insertion loss and isolation of the proposed SPDT switch.

III. 결론

본 논문에서는 SPST 스위치에 BPF 와 흡수 스위치를 결합하여 SPDT 스위치를 설계하였다. 이 구조는 높은 수준의 격리도 및 반환 손실을 갖는 고성능 흡수 대역통과 필터 통합의 PIN 다이오드 SPDT 스위치를 제시한다. $\lambda/4$ 라인의 여러 섹션으로부터 높은 절연이 얻어진다. 삽입 손실은 매우 낮은 순방향 저항 다이오드를 선택함으로써 최소로 유지되었다. 대역통과 필터 통합의 구조도 삽입 손실을 줄이는 데 기여를 하였다. BPF 의 공진기는 이론적으로 공진 주파수에서 무한 임피던스를 가지며, 따라서 스위치의 삽입 손실을 감소시킨다. 1 단의 경우에는 30~40dB 의 격리도를 얻을 수 있었지만, 2 단에서는 70dB, 최종적으로 3 단에서는 110dB 이상의 격리도를 얻을 수 있었다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the Institute of Information and Communications Technology Planning and Evaluation (IITP) grant funded by the Korean government (MSIT) (No. 2022-0-00153, Development of O-RU for in-building based on AI network management using beamforming path).

참 고 문 헌

- [1] P. Phudpong, N. Youngthanisara, M. Kitjaroen, P. Rattanawan, S. Siwamogsatham, "A High-Isolation Low-Insertion-Loss Filter-Integrated PIN Diode Antenna Switch," *Microwave Conference*, 2009.
- [2] S. F. Chao, C. C. Kuo, Z. M. Tsai, K. Y. Lin, and H. Wang, "40-GHz MMIC SPDT and multiple-port bandpass filter-integrated switches," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.* 55, pp. 2691– 2699, 2007.
- [3] I. Bahl and P. Bhartia, *Microwave Solid State Circuit Design Second Edition*, Wiley & Sons, Inc., pp. 632–652, 2003.

- [4] J. Lee, R. Lai, C. Chen, C. Lin, K. Lin, C. Chiong, and H. Wang, "Low Insertion-Loss Single-Pole-Double-Throw Reduced-Size Quarter-Wavelength HEMT Bandpass Filter Integrated Switches", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.* pp. 3028–3038, Dec. 2008.