

UHF대역 TV방송을 위한 가변형 대역통과필터

이태창, 박재영

마이크로/나노 소자 및 패키징 연구실, 전자공학과 광운대학교, 서울

SIP based Tunable BPF for UHF TV Broadcasting

Tae C. Lee and Jae Y. Park

Micro/Nano Devices & Packaging Lab. Department of Electronic Engineering, Kwangwoon University, Seoul

Abstract - 본 논문에서는 UHF TV방송 전 대역 Ch.14(473MHz)~Ch.69(803MHz)까지의 모든 채널에서 동작하는 유도결합구조의 RF동조 회로를 설계하였다. 기존 자기결합구조의 RF동조회로는 PCB 양면을 사용하여야 하고 수작업으로 Air Coil 간격을 조절해야만 한다. 부품의 집적화와 양산 효율성 측면에서 자기결합구조의 단점을 해결할 수 있도록 하기 위해 본 논문에서 제안한 유도결합구조는 수동부품인 칩인덕터와 칩커패시터 및 가변용량 다이오드만을 사용하여 RF동조회로를 설계하였다. 칩인덕터는 Air Coil에 비해 낮은 소자 Q값을 가진다. 상대적으로 낮은 Q값을 갖는 칩인덕터를 사용하기 때문에 이를 보완하기 위해 Peaking용 칩인덕터를 설계 디자인에 적용하였다. 가변형 대역통과필터로 동작하기 위해 자기결합구조와 동일하게 가변용량 다이오드를 이용하였다. UHF TV방송 전 대역(470~806MHz)에서 -2.88 ~ -3.97dB의 삽입손실 특성 및 -8dB 이상의 반사손실 특성과 330MHz의 중심주파수 변화 범위를 갖는다. 현재 상용중인 지상파 튜너에 적용되고 있는 자기결합구조의 RF동조회로를 대체하여 적용될 수 있을 것이다.

1. 서 론

부품소재기술의 발전에 따라 통신 부품의 소형화, 집적화된 모듈화가 빠르게 진행되고 있다. 가변형 대역통과필터는 인가되는 전압에 따라 통신 시스템에서 원하는 주파수만 여과해주고, 잡음을 제거해 주는 핵심 부품으로 그 수요가 날로 증가되고 있다. 체비셰프필터 특성을 이용하여 높은 주파수 선택도를 가지는 대역통과특성을 얻을 수 있으나 높은 차수를 요구하게 된다.[1] 차수가 증가한다는 것은 설계 회로의 차수에 따른 많은 수동소자가 필요함을 의미한다. 사용되어지는 소자의 개수를 최소화하면서, 좁은 주파수 통과대역 특성을 가지는 가변형 대역통과필터를 요구하게 되고, 이러한 어플리케이션에서 중심주파수를 조절할 수 있어야 한다.[2] 중심주파수를 조절하기 위해서는 가변 용량값을 갖는 반도체 부품인 가변용량 다이오드가 널리 사용되어지고 있다.[3][4]

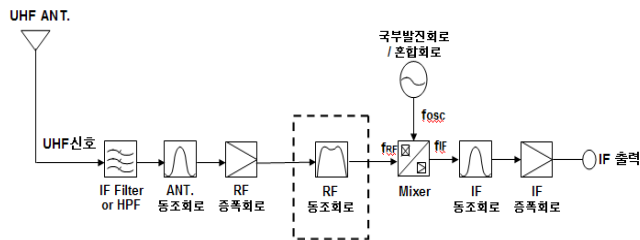
현재 LCD나 PDP 및 CRT TV에 적용되는 TV 튜너는 자기결합구조의 RF동조회로를 이용하여 공진회로를 구성하고 있다. 자기결합구조의 RF동조회로란 Air Coil을 통해 얻게 되는 상호 인덕턴스를 이용해서 공진회로를 구성하는 회로이며, 본 논문에서 제안한 유도결합구조의 RF동조회로는 앞단의 공진회로에서 뒷단의 공진회로로 신호를 전달하도록 하는 원리를 응용하여 설계하였다.

2. 본 론

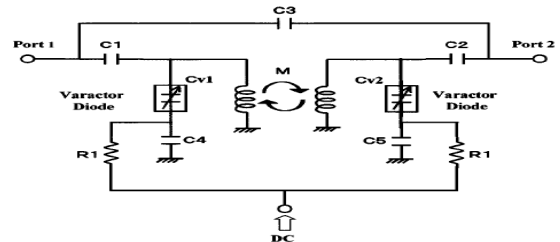
2.1 Principle of Tuning Circuit

그림 1은 지상파 TV 튜너의 전체 블록도이다. 각 나라마다 사용되어지는 중간주파수(Intermediate Frequency, IF)와 컬러 방송 방식이 다를 뿐 기본 구성방식은 그림 1과 동일하다.[5]

RF동조회로 앞단의 ANT.동조회로는 IF 필터와 RF 증폭회로의 임피던스 매칭을 위한 회로이며, 1차 동조회로의 역할을 한다. ANT.동조회로의 특성에 의해 VSWR, NF, Power Gain등의 성능 결정에 중요한 역할을 하므로 삽입 손실을 최소화 하여야 한다.[6]

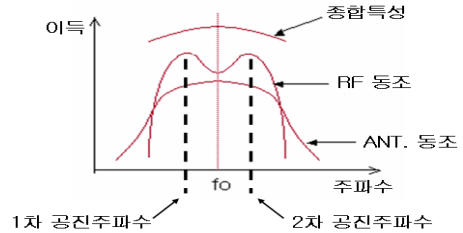


<그림 1> Block Diagram of TV tuner



<그림 2> 자기결합구조의 RF 동조회로

자기결합구조의 RF동조회로 구성은 그림 2와 같다. 이와 같은 방식에서는 제품 양산시 공진주파수를 맞추기 위해서 수작업으로 Air Coil 간격을 조절해야 하고, RF동조회로 구성시 PCB의 하측면에는 수동부품을, 상측면에는 Air Coil을 실장하는 구조를 가지기 때문에 튜너의 전체 두께가 두꺼워지게 되는 단점을 가지게 된다.



<그림 3> 동조회로의 종합 특성

그림 3은 동조회로의 종합적인 특성을 나타낸 그림이다. RF 동조회로 곡선을 보게 보면 1차 공진주파수와 2차 공진주파수가 있음을 볼 수 있다. 이를 구현하기 위해 두 개의 가변용량 다이오드 중 한 쪽에 병렬로 보조 커패시터를 추가하면 두 개의 공진주파수를 가질 수 있다.

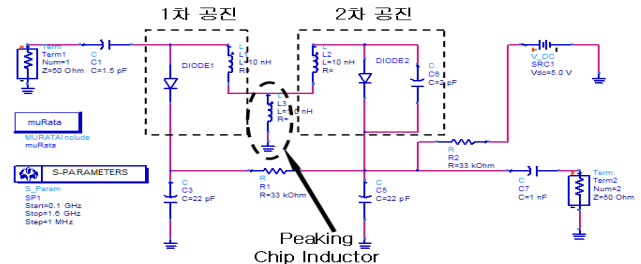
$$1차 공진주파수 : f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}} \quad (1)$$

$$2차 공진주파수 : f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C_1 + C_2)}} \quad (2)$$

(여기서, C₁ = 가변용량 다이오드 용량값, C₂ = 보조 용량값)

제안된 유도결합구조의 RF동조회로 역할은 ANT.동조회로만으로는 충분한 선택도를 가지지 못하기 때문에 2차 공진을 이용하여 충분한 선택도를 가질 수 있도록 설계하였으며, 또 다른 성능지표인 Image Rejection의 성능 결정에 중요한 역할을 하기 때문에 통과대역 이외의 대역에서의 감쇠 특성을 고려하여 설계하였다.

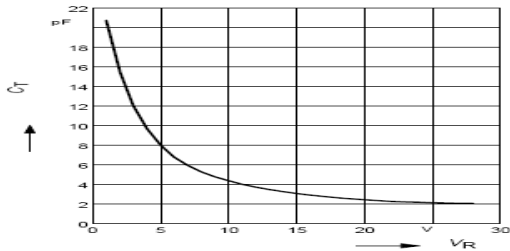
2.2 Design Consideration



<그림 4> 유도결합구조의 RF 동조회로

그림 4는 충분한 주파수 선택도를 가지고 동작할 수 있도록 설계한 유도결합구조의 RF동조회로이다. 회로의 구성은 두 개의 공진부와 여러 수동 소자를 이용한 것으로, 두 개의 가변용량 다이오드를 사용하여 2차 공진을 유도하여 설계하였다. 2차 공진주파수를 갖도록 설계한 이유는 변조되어 입력되어지는 방송신호가 한 채널당 방송 방식에 따라 6 ~ 8MHz의 대역에 변조되어 전송되어지기 때문이다. RF동조회로 설계를 구성하기 위한 기본 동작원리는 LC 병렬공진회로이며, 상대적으로 낮은 Q값을 갖는 칩인덕터를 사용하기 때문에 Peaking용 칩인덕터로 이를 보완하였다.

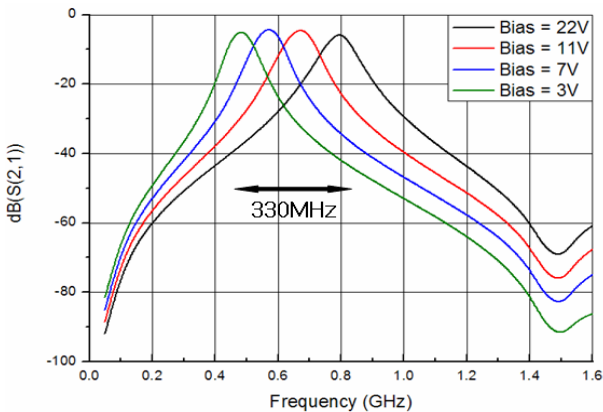
RF동조회로 설계를 위해 사용된 Infeon계 가변용량 다이오드(BB565)의 전압 대비 용량값 특성은 그림 5와 같다. C-V 특성으로 알 수 있듯이 역전압 바이어스에 의해 가변용량 다이오드 용량값의 변화를 이용하여 가변형 대역통과필터를 구성하였다. Infeon계 가변용량 다이오드(BB565)의 직렬 저항성분은 0.6Ω ($V_R = 3V, f = 470MHz$)이고, 용량값 비율은 약 11 ($22 \sim 2pF$ ($V_R = 1 \sim 22V$)) 정도이다.



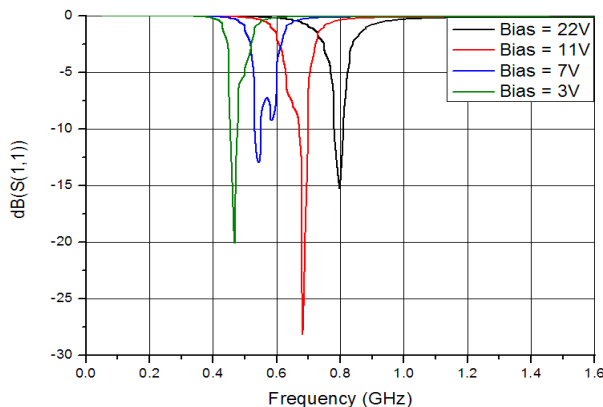
<그림 5> 가변용량 다이오드의 C-V 특성

2.3 Result and Analysis

유도결합 구조를 이용하여 UHF TV 방송대역 Ch.14(473MHz)에서 Ch.69(803MHz)까지의 전 채널에서 동작하는 가변형 대역통과필터를 설계하였다. 그림 6과 7은 제안된 회로의 성능 (삽입손실과 반사손실)을 주파수영역에 도시화한 것으로, 인가되는 역전압에 따라 주파수 통과대역이 변화하는 것을 볼 수 있다.



<그림 6> Insertion loss (S21)



<그림 7> Return loss (S11)

역전압에 의하여 용량값이 변화하는 가변용량 다이오드를 이용하여 공진주파수를 이동시킬 수 있기 때문에, 그림 6와 같이 가변형 대역통과필터를 얻을 수 있다. 그리고 Peaking용 칩인덕터로 2차 공진주파수 간의 결합력을 증가시켜줌으로써 회로 전체의 성능이 향상되었다.

회로의 또 다른 성능측정 지표인 3-dB Bandwidth의 변화율은 8% ~ 14%이며, 330MHz의 중심주파수 변화 범위를 갖는다. 표 1은 가변형 대역통과필터의 시뮬레이션 결과를 정리한 것으로 이때 필요한 바이어스 역전압은 3 ~ 22V의 범위이다.

<표 1> Tunable BPF 시뮬레이션 결과

TV Channel	Ch.14	Ch.30	Ch.46	Ch.69	[Unit]
Center Freq.	473	569	665	803	[MHz]
varactor diode Capacitance value	12	7	4	2	[pF]
varactor diode Bias voltage	3	7	11	22	[V]
Insertion loss	-2.88	-3.15	-3.22	-3.97	[dB]
Return loss	-10.38	-8.16	-9.02	-12.51	[dB]
Quality factor	7.17	7.03	8.31	12.35	
3dB Bandwidth	14.0	14.2	12.0	8.1	[%]

3. 결 론

본 논문에서는 유도결합구조의 RF동조회로를 설계하여 특성을 알아 보았다. Ch.14, Ch.30, Ch.46, Ch.69의 UHF대역 채널에서 -2.88dB, -3.15dB, -3.22dB, -3.97dB의 삽입손실과 전 채널 -8dB 이상의 반사손실을 나타내었으며, 330MHz의 중심주파수 변화 특성을 얻게 되었으며, 현재 양산되고 있는 자기결합구조를 가진 지상파 튜너의 단점을 보완하고, 제품의 소형화와 집적화를 구현하고자 설계한 가변형 대역통과필터이다. 최근에는 모든 전자부품들이 집적화되어가고 있는 추세이기 때문에, 본 논문에서 제안한 유도결합구조를 이용한 SIP기반의 RF동조회로를 현재의 TV튜너에 적용한다면 소형화와 집적화에 기여할 수 있을 것이다.

향후 전자부품 소자는 반도체 집적회로 기술의 근간이 되는 미세가공 기술(micro-fabrication)과 RF 소자의 초소형화를 가능하게 하는 새로운 기술인 MEMS(Micro Electro Mechanical System)기술을 이용하여 초소형화 및 초정밀화 하려는 추세에 있다. 특히 MEMS tunable 커패시터는 전압 가변형으로 초소형 저동작 전압 소자의 개발이 요청되고 있으나, 아직 국내외적으로 이러한 수요의 욕구를 만족시킬 수 있는 사양의 소자 개발이 미진한 실정이다. 따라서 새로운 소자 제작 기술로 각광받고 있는 MEMS 기술을 활용한 커패시터 수동소자의 개발에 대한 연구를 진행하여 이를 적용한 가변형 대역통과필터에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

4. 감사의 글

본 연구는 Seoul Research and Business Development Program (Grant No.10583)과 한국 과학기술부의 지능형 RF연구센터 (Communication and Intelligent RF Engineering Research Center(ERC))의 지원을 받아 수행하였음.

[참 고 문 헌]

- [1] I. C. Hunter et al., "Microwave filters-Applications and technology", IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 50, no. 3, pp. 794-805, Mar. 2002.
- [2] L. Billonet et al., "Recent advances in microwave active filter design: Part 1 and 2", Int. J. RF Microwave Computer-Aided Design Eng., pp. 159-189, Mar. 2002.
- [3] S. R. Chandler et al., "Active varactor tunable bandpass filter", IEEE Microw. Guided wave Lett., vol. 3, no. 3, pp. 70-71, Mar. 1993
- [4] A. R. Brown and G. M. Rebeiz, "A varactor-tuned RF filter", IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 48, no. 7, pp. 1157-1160, Jul. 2000.
- [5] Gerd M. Maier, "New system approach to TV tuner design", IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 36, no. 3, pp. 403-406, Aug. 1990.
- [6] Iuri Mehr, "Integrated TV Tuner Design for Multi-Standard Terrestrial Reception", IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium, pp. 75-78, Jun. 2005.