

UHF대역 TV 튜너에 적용을 위한 가변형 대역통과필터

論 文

57-11-37

SIP based Tunable BPF for UHF TV Tuner Applications

李 泰 昌* · 朴 宰 永†
(Tae C. Lee · Jae Y. Park)

Abstract - In this paper, a tunable bandpass filter with mutual inductive coupling circuits is newly designed and demonstrated for UHF TV tuner ranged from Ch.14(473MHz) to Ch.69(803MHz) applications. Conventional RF tuning circuit with an electromagnetic bandpass filter has several problems such as large size, high volume and high cost, since the electromagnetic filter is comprised of several passive components and air core inductors to be assembled and controlled manually. To address these obstacles, peaking chip inductor was newly applied for constructing the mutual inductive coupling circuit. The proposed circuit was newly and optimally designed, since the chip inductor showed lower components Q-value than the air core inductor. A varactor diode has been also used to fabricate the proposed tunable bandpass filter for RF tuning circuit. The fabricated tunable filter exhibited low insertion loss of approximately -3dB, high return loss of below -10dB, and large tuning bandwidth of 330MHz.

Key Words : Tunable BPF, mutual inductance, RF tuning circuit, peaking chip inductor

1. 서 론

최근 부품소재기술의 발전에 따라 통신 부품의 소형화, 집적화, 모듈화가 빠르게 진행되고 있다. 특히, 가변형 대역 통과필터는 인가되는 전압에 따라 통신 시스템에서 원하는 주파수만 여과해주고, 잡음을 제거해 주는 핵심부품으로 그 수요가 날로 증가되고 있는 추세이다. 체비셰프필터 특성을 이용하여 높은 주파수 선택도의 대역통과특성을 얻을 수 있으나 높은 차수의 필터 설계를 요구하게 된다[1]. 차수가 증가한다는 것은 설계 회로에 많은 수동소자가 필요함을 의미한다. 따라서 사용되어지는 소자의 개수를 최소화하면서, 좁은 주파수 통과대역 특성을 갖는 가변형 대역통과필터 개발이 차세대 TV 튜너의 중요한 연구방향이다[2]. 반도체 부품인 가변용량 다이오드가 대역통과 필터의 중심주파수를 조절하기 위해서 가장 널리 사용되어지고 있다[3-4].

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].

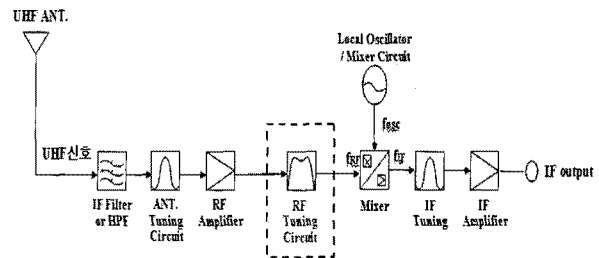


그림 1 TV 튜너의 블록 다이어그램
Fig. 1 Block diagram of TV tuner

RF동조회로 앞단의 안테나 동조회로는 IF 필터와 RF 증폭회로의 임피던스 매칭을 위한 회로이며, 1차 동조회로의 역할을 한다. ANT.동조회로의 특성은 튜너의 VSWR, NF, Power Gain등과 같은 성능 결정에 중요한 역할을 하므로 삽입손실을 최소화 하여야 한다[6].

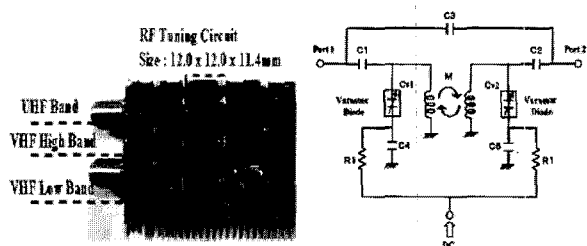


그림 2 자기결합구조의 RF동조회로
Fig. 2 RF tuning circuit of magnetic coupling circuit

* 學生會員 : 光云大 電子工學科 碩士課程

† 교신저자, 正會員 : 光云大 電子工學科 助教授 · 工博

E-mail : jaepark@kw.ac.kr

接受日字 : 2008年 8月 19日

最終完了 : 2008年 9月 8日

현재 LCD나 PDP 및 CRT TV에 적용되는 TV 튜너는 자기결합구조의 RF동조회로를 이용하여 공진회로를 구성하고 있다. 그림 2의 자기결합구조 RF동조회로란 Air Coil을 통해 얻게 되는 상호 인덕턴스를 이용해서 공진회로를 구성하는 회로이다. 이와 같은 방식에서는 제품 양산시 공진주파수를 맞추기 위해서 수작업으로 Coil 간격을 조절해야 하기 때문에 많은 조정시간 및 비용을 소모하게 된다. 또한, 동조회로 구성 시 PCB의 하측면에는 수동부품을, 상측면에는 Air Coil을 실장하는 구조를 가지기 때문에 튜너의 전체 두께가 두꺼워지게 된다.

공진회로의 구성을 위해 Air Coil을 사용하는 것은 자동화 공정 관점과 공간의 효율성 측면에서 단점으로 지적된다.

본 논문에서는 Air Core Inductor보다 상대적으로 낮은 소자 Q값을 갖는 칩 인덕터를 사용하기 때문에 이를 보완할 수 있는 peaking용 칩 인덕터를 사용하여 등가 T회로의 유도결합구조 RF동조회로를 구성하였으며, 이는 앞단의 공진회로에서 뒷단의 공진회로로 신호를 전달하도록 하는 원리를 응용하여 설계한 회로이다.

2. 본 론

2.1 Design

Air coil을 이용하여 공진회로를 구성 시 상호유도작용을 통해 상호 인덕턴스를 유도할 수가 있다. 상호유도작용이란 한 회로에 의해 생긴 자속이 다른 회로와 쇄교할 때 유도적으로 결합이 되었다고 말하고, 다른 회로로 에너지 전달이 일어나게 하는 현상을 말한다. 즉 한 쪽의 회로에 전류가 흐르면 그 주위에 자장이 생기고 자력선의 일부는 다른 쪽의 코일과 쇄교하게 된다.

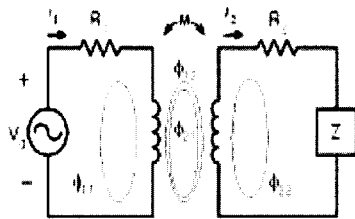


그림 3 상호 인덕턴스
Fig. 3 Mutual Inductance

$$\Phi_1 = \Phi_{11} + \Phi_{12} \quad (1)$$

$$\Phi_2 = \Phi_{22} + \Phi_{21} \quad (2)$$

- Φ_{11}, Φ_{22} : 총 자속
- Φ_{11}, Φ_{22} : 누설 자속(쇄교하지 않는 자속)
- Φ_{12}, Φ_{21} : 쇄교 자속
(2차측 또는 1차측과 쇄교하는 자속)
- M : 상호 인덕턴스

Air coil을 사용하는 경우 매질의 투자율이 양쪽 간에 공기로 일정하므로 1차측과 2차측으로부터 유도되는 상호유도계수 M은 동일하다. 이때 1차측과 2차측에 인가되는 전압은 다음과 같다.

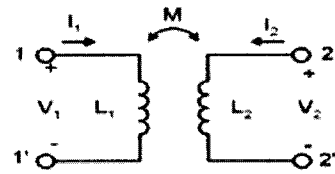


그림 4 자기결합회로
Fig. 4 Magnetic coupling circuit

$$V_1 = j\omega L_1 I_1 + j\omega M I_2 \quad (3)$$

$$V_2 = j\omega L_2 I_2 + j\omega M I_1 \quad (4)$$

칩인덕터를 사용 시 상호유도계수에 해당하는 M을 유도할 수 없으므로 본 논문에서는 유도결합구조의 등가 T회로를 구성하였다. 그림 4의 결과와 마찬가지로 그림 5의 회로에서도 동일한 결과를 얻을 수 있으므로 이를 이용하여 설계에 적용하였다.

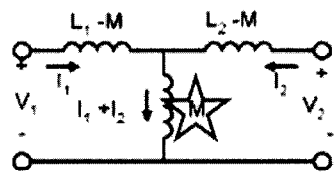


그림 5 유도결합구조의 등가 T회로
Fig. 5 equivalent T-type circuit

$$V_1 = j\omega(L_1 - M)I_1 + j\omega M(I_1 + I_2) = j\omega L_1 I_1 + j\omega M I_2 \quad (5)$$

$$V_2 = j\omega(L_2 - M)I_2 + j\omega M(I_1 + I_2) = j\omega L_2 I_2 + j\omega M I_1 \quad (6)$$

2.2 Fabrication

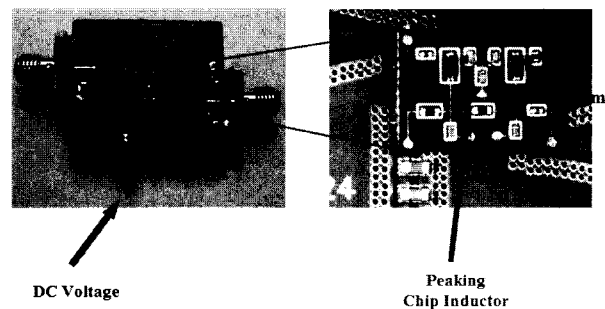


그림 6 제작된 유도결합구조의 RF Tuning 회로 사진
Fig. 6 Photograph of fabricated RF tuning circuit

그림 6은 충분한 주파수 선택도를 갖고 동작할 수 있도록 설계한 후에 제작된 유도결합구조의 RF동조회로이다.

회로의 구성은 두 개의 공진부로 구성되어 있으며, 여러 수동 소자와 두 개의 가변용량 다이오드를 사용하여 2차 공진을 유도하여 설계하였다. 2차 공진주파수를 갖도록 설계한 이유는 TV 방송 수신 시 변조되어 입력되어지는 방송신호가 한 채널당 방송 방식에 따라 6 ~ 8MHz의 대역에 변조되어 전송되어지기 때문에 해당 대역에서 최소한의 리플

및 삽입손실을 갖도록 설계하기 위함이다. RF동조회로 설계를 구성하기 위한 기본 동작원리는 LC 병렬공진회로이며, 상대적으로 낮은 Q값을 갖는 칩 인덕터를 사용하기 때문에 상호인덕턴스에 해당하는 Peaking용 칩 인덕터로 이를 보완하였다.

RF동조회로 설계를 위해 사용된 가변용량 다이오드(BB565)의 전압 대비 용량값 특성은 그림 7과 같다. C-V 특성으로 알 수 있듯이 역전압 바이어스에 의해 가변용량 다이오드 용량값의 변화를 이용하여 가변형 대역통과필터를 구성하였다. Infineon제 가변용량 다이오드(BB565)의 직렬 저항성분은 0.6Ω (@ $V_R = 3V, f = 470MHz$)이고, 용량값 비율은 약 11 (22 ~ 2pF (@ $V_R = 1 \sim 22V$))정도이다.

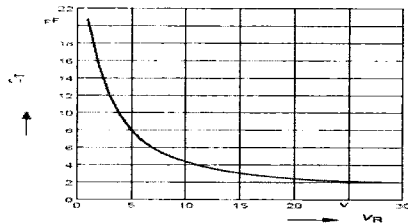


그림 7 가변용량 다이오드의 C-V 특성
Fig. 7 C-V characteristic of varactor diode

2.3 Experimental results and analysis

제작된 가변형 대역통과필터는 유도결합 구조를 이용하여 UHF TV 방송대역 Ch.14(473MHz)에서 Ch.69(803MHz)까지의 전 채널에서 동작되도록 설계되었다. 그림 8은 제안된 회로의 성능(삽입손실과 반사손실)을 주파수영역에 도시화한 것으로, 인가되는 역전압에 따라 주파수 통과대역이 변화하는 것을 볼 수 있다.

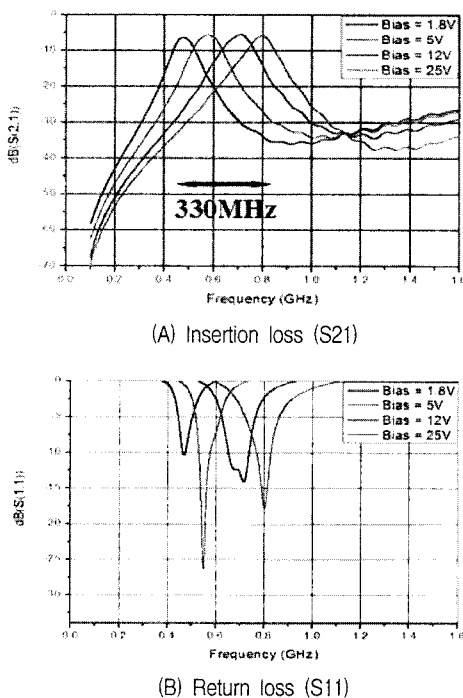


그림 8 제작된 회로의 측정결과
Fig. 8 Experimental result of fabricated circuit

역전압에 의하여 용량값이 변화하는 가변용량 다이오드를 이용하여 공진주파수를 이동시킬 수 있기 때문에, 그림 8과 같이 가변형 대역통과필터를 얻을 수 있다. 그리고 Peaking용 칩 인덕터로 2차 공진주파수 간의 결합력을 증가시켜줌으로써 회로 전체의 성능이 향상되었다.

회로의 또 다른 성능측정 지표인 3-dB Bandwidth의 변화율은 11% ~ 17%이며, 330MHz의 중심주파수 변화 범위를 갖는다. 표 1은 가변형 대역통과필터의 측정 결과를 정리한 것으로 이때 필요한 바이어스 역전압은 1.8 ~ 25V의 범위이다.

표 1 제작된 Tunable BPF 측정 결과
Table 1 Experimental results of fabricated Tunable BPF

TV Channel	Ch.14	Ch.30	Ch.46	Ch.69	[Unit]
Center Freq.	473	569	665	803	[MHz]
varactor diode Bias voltage	1.8	5.0	12.0	25.0	[V]
Insertion loss	-6.25	-5.53	-5.66	-5.64	[dB]
Return loss	-10.58	-10.24	-12.42	-18.76	[dB]
3dB bandwidth	16.9	17.1	14.7	11.0	[%]

다음은 측정 결과와 시뮬레이션 결과를 비교 분석 결과이다. 동일한 소자 Q값을 가지는 회로로 시뮬레이션을 구성하여 회로 분석시 측정된 결과와 유사한 RF 성능을 확인하였다. 추가로 회로 설계에 사용되어진 부품 중 인덕터의 Q값에 따른 가변형 필터의 특성을 비교, 분석한 결과는 그림 9와 같이 칩 인덕터의 Q값이 21(@0.65GHz)일 때 보다 70(@0.65GHz)일 경우 삽입손실이 약 3dB정도 향상됨을 확인할 수 있었다.

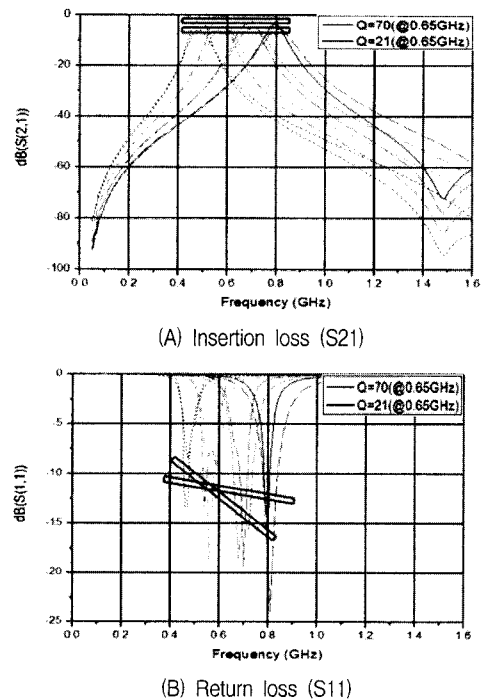


그림 9 칩 인덕터 소자 Q값에 따른 영향
Fig. 9 Dependence on changing chip inductor

표 2 칩 인덕터 소자 Q값 변화에 의한 영향

Table 2 Dependence on changing chip inductors' Q-value

TV Channel	Ch.14	Ch.30	Ch.46	Ch.69	[Unit]	
Center Freq.	473	569	665	803	[MHz]	
Simulation results						
Q=70 @0.65 GHz	S21	-2.88	-2.98	-2.89	-3.97	[dB]
	S11	-10.38	-8.16	-13.15	-12.51	[dB]
Q=21 @0.65 GHz	S21	-5.97	-5.41	-5.41	-5.80	[dB]
	S11	-9.78	-10.78	-15.17	-21.10	[dB]
Experimental results						
Q=21 @0.65 GHz	S21	-6.25	-5.53	-5.66	-5.64	[dB]
	S21	-10.58	-10.24	-12.42	-18.76	[dB]

3. 결 론

본 논문에서는 자기결합구조의 RF동조회로의 특성을 해석하여, 등가 T회로 유도결합 RF동조회로로 설계하고 특성을 파악하여 응용가능성을 확인하였다. 제안한 가변형 대역통과필터의 성능은 Ch.14, Ch.30, Ch.46, Ch.69의 UHF대역 채널에서 -2.88dB, -2.98dB, -2.89dB, -3.97dB의 삽입손실과 전 채널 -10dB 이상의 반사손실을 나타내었으며, 330MHz의 중심주파수 변화 특성을 얻게 되었다. 또한 현재 양산되고 있는 자기결합구조를 가진 지상파 튜너의 단점을 보완하고, 제품의 소형화와 집적화를 구현하기 위하여 제안된 가변형 대역통과필터로 적용가능성을 확인하였다. 최근에는 모든 전자부품들이 집적화되어가고 있는 추세이기 때문에, 본 논문에서 제안한 유도결합구조를 이용한 SIP기반의 RF동조회로를 현재의 TV튜너에 적용한다면 저가화, 소형화, 집적화가 용이할 것으로 판단된다.

향후 전자부품 소자는 반도체 집적회로 기술의 근간이 되는 미세가공기술과 RF 소자의 초소형화 및 지능화를 가능하게 해주는 MEMS(Micro Electro Mechanical System)기술을 이용하여 박형화 및 지능화 하려는 추세에 있다. 특히 MEMS tunable 커패시터는 전압 가변형으로 높은 선형성과 저동작 전압 특성을 갖는 소자 개발이 요구되고 있으나, 아직 국내외적으로 이러한 수요를 만족시킬 수 있는 사양의 소자 개발이 미진한 실정이다. 따라서 성능이 우수한 가변형 MEMS 커패시터를 개발하고 이를 적용한 초소형 가변형 대역통과필터 및 RF tuner에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 Seoul Research and Business Development Program (Grant No.10583)과 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단(Grant No.R11-2005-029-06004-0)의 지원을 받아 수행한 연구로써, 관계부처에 감사드립니다.

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.

저 자 소 개



이 태 장 (李泰昌)

1980년 6월 9일생.
2006년 광운대 전자통신공학과 졸업
2006~2008년 LG이노텍 RF연구실 근무
2008년~현재 동 대학원 석사과정
Tel : 02-940-5604, Fax : 02-940-5605
E-mail : idltc@hotmail.com



박 재 영 (朴宰永)

1970년 4월 1일생.
1992년 한국항공대 정보통신공학과 졸업,
1995년 미국 조지아공대 전기 및 컴퓨터 공학과 졸업 (석사), 1997년 미국 조지아 공대 전기 및 컴퓨터 공학과 졸업 (박사), 1998년 ~1999년 조지아공대 연구과 학자 II, 1999년 ~2001년 LG 전자기술원 선임연구원, 2001년 ~ 2004년 LG전자기술원 책임연구원, 2004년 ~ 2006년 광운대학교 전자공학과 조교수, 2006년 ~현재 광운대학교 전자공학과 부교수
Tel : 02-940-5113, Fax : 02-942-1502
E-mail : jaepark@kw.ac.kr