

2차 대역 능동 여파기에 관한 연구

83308

正會員 金圭煥

國立群山水產專門大學 通信工學科

A Study on Realization of A 2nd-order Band-Pass Active Filter

Gyu Hwan Gim, Regular Members

Dept. of telecommunication Engineering, National Fisheries Junior college, Gunsan, 511 Korea.

요 약

간단하고 경제적인 2차 능동 여파기를 실현하기 위하여 2개의 연산증폭기만을 사용한 능동 회로를 구성하여 전달함수를 실현 하였고 실험을 통하여 주파수에 대한 이득을 고찰하였다.

ABSTRACT

In order to design the simple and economic Band-Pass Active filter, 2nd-order BPF using OP-amplifier were studied by their experments.

The results were obtained as follows.

1. 2nd-order BPF Transfer function could be realized and the unity between calculated value and measured value of the gain were comformed by experments.
2. The transfer function of LPF and HPF could be realized by changing some elements of the BPF circuits.
3. The circuit was comparatively simple and the dumping characteristic of the frequency was good.

1. 서론

능동여파기는 1965년 Widlar가 처음으로 삼용 IC 연산증폭기를 설계한 것을 계기로 많은 능동여파기에 대한 문헌이 발표되었다(1),(2).

근년에 전자회로의 소형화 고집적화 경향에서 LC filter는 장점도 있지만 저주파에서 형상이 크고 무거우며 조정이 어렵고 전자간섭이 크고 IC화할수 없는 등 단점이 있어(3) IC filter 대신에 능동 여파기가 사용되고 있는 실정이다.

RC active filter의 설계는 Low-pass filter 전달함수에 변수변환을 실시해서 얻은 고차함수를 2차함수의 적으로 분해해서 그의 종속접속에 의해서 Band-pass 특성을 실현하며 대부분 연산증폭기 3개 이상으로 설계함이 일반적이다. 따라서 고차함수의 실현이 어렵고 연산증폭기 수가 많아져 가격과 소비전력이 커지는 등 결점이 있다.

본논문에서는 정상입력을 접지한 2개의 연산증폭기를 사용해서 회로를 구성하므로써 고차함수를 분해하지 않고 2차 RC Band-pass filter의 전달함수를

직접 실현하고 동회로의 회로소자를 약간 변경하므로서 LPF 및 HPF를 실현 가능한 점과 RC Band-Pass filter의 실험회로를 구성하여 실험을 통하여 주파수특성 및 이득의 계산치와 실험치를 비교 검토 하였다.

2. 회로의 구성 및 설계

(1). 전달함수의 실현

그림 1 은 제안된 2차대역 능동여파기 회로이다. 여기서 연산증폭기의 특성이 이상적인 경우 즉 입력 Impedance 가 무한대이고 출력 Impedance 를 영으로 가정하여 (4) 전달함수를 구하면 다음과 같다.

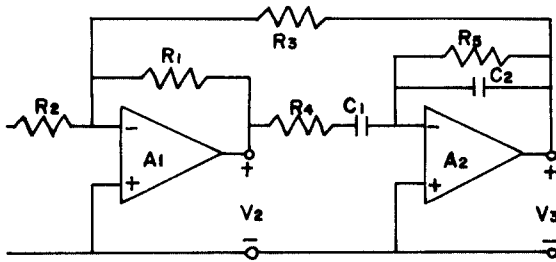


그림 1 대역 능동 여파기
The band-pass active filter.

$$V_2 = -R_1 \left(\frac{V_3}{R_3} + \frac{V_1}{R_2} \right) = -\frac{R_1}{R_3} V_3 - \frac{R_1}{R_2} V_1 \quad (1)$$

$$V_3 = \frac{1}{SR_4C_1 + 1} \cdot \frac{R_5}{SR_5C_2 + 1} \cdot V_2 \quad (2)$$

$$\frac{V_3}{V_2} = -\frac{SR_5C_1}{(SR_5C_2 + 1)(SR_4C_1 + 1)} \quad (3)$$

여기서 $G_1 = R_4C_1$, $G_2 = R_5C_2$, $G_3 = R_5C_1$ 이라하면

$$V_3 = -\frac{G_3S}{(G_1S + 1)(G_3S + 1)} V_2 \quad (4)$$

(4) 식을 (1) 식에 대입하면

$$V_2 = \frac{R_1}{R_3} \cdot \frac{G_3S}{(G_1S + 1)(G_3S + 1)} \cdot V_2 - \frac{R_1}{R_2} \cdot V_1 \quad (5)$$

여기서 $K_1 = \frac{R_1}{R_2}$, $K_2 = \frac{R_1}{R_3}$ 로 놓으면

$$V_2 - K_2 \frac{G_3S}{(G_1S + 1)(G_3S + 1)} \cdot V_2 = -K_1 V_1 \quad (6)$$

(6) 식에서 $\frac{V_2}{V_1}$ 을 구하면

$$\frac{V_2}{V_1} = -K_1 \frac{(G_1S + 1)(G_2S + 1)}{[G_1G_2S^2 + (G_1 + G_2 - K_2G_3)S + 1]} \quad (7)$$

(4) 식에서 V_2 를 구하여 (7) 식에 대입하면

$$T_1(S) = \frac{V_3}{V_1} = \frac{G_3K_1S}{[G_1G_2S^2 + (G_1 + G_2 - K_2G_3)S + 1]} \quad (8)$$

단 S 는 복소주파수

(8) 식과 같이 2차 전달함수가 구해 졌으며 이를 2차 함수의 일반형식으로 변형하면

$$T_1(S) = \frac{G_3K_1S}{S^2 + \left(\frac{G_1 + G_2 - K_2G_3}{G_1G_2} \right) S + \frac{1}{G_1G_2}} \quad (9)$$

(9) 식은 2차 Band-Pass filter의 특성이다.

$$\text{여기서 } Q = \frac{\sqrt{G_1G_2}}{G_1 + G_2 - K_2G_3} \quad (10)$$

$$W_n = \frac{1}{\sqrt{G_1G_2}} \text{ 가 된다} \quad (11)$$

(2). 설계 및 조정

2차의 filter 특성은 Q , W_n 을 결정하는 것으로 정해진다. 본회로의 Q , W_n 은 (10) (11) 식으로 주어진다. (10) (11) 식에 의해서 알 수 있는바와 같이 K_2 와 G_1 에만 포함되어 있어 W_n 은 거기에 의존하지 않는다. 따라서 K_2 에만 포함되어 있는 저항 R_3 의 값을 변경함으로써 W_n 에 변화를 주지 않고 Q 를 조절할 수 있다. 한편 W_n 을 조정하는 데는 G_1, G_2 의 값을 변화 시키면 좋으나 G_1, G_2, G_3 은 독립변수가 아니므로 G_1 또는 G_2 의 치를 바꾸면 Q 도 변화한다. 따라서 Q 와 W_n 의 조정은 W_n 을 먼저 조정하고 그 후에 Q 를 조정하면 좋다.

(3) LPF 및 HPF의 회로구성

그림 1 에서 회로소자의 일부를 변경하여 LPF, HPF 특성을 구할 수 있다.

즉 그림 1 의 회로를 그림 2 와 같이 변경하여 전달함수를 구하면 (12) 식과 같이 LPF의 특성이 얻어지고 그림 3 과 같이 변경하여 전달함수를 구하면 (13) 식과 같이 HPF의 특성을 얻을 수 있다.

$$T_2(S) = K_1G_2 / [G_2G_4G_5S^2 + \{G_4G_5 + (1+n)G_2G_5 - K_1G_2G_4\}S + (1+n)G_5] \quad (12)$$

단, $G_4 = R_3C_1$, $G_5 = R_4C_2$, $n = \frac{R_3}{R_2}$ 이다.

$$T_3(S) = K_1G_3G_6S^2 / G_1G_6S^2 + \{G_6 + (1+n)G_1 - K_1G_3\}S + (1+n) \quad (13)$$

단, $G_6 = R_3C_2$

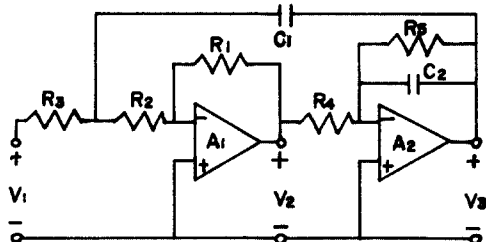


그림 2 저역 능동 여파기
The low-pass active filter.

4. 결론

전자회로의 소형화 고집적화에 필요한 Active filter의 설계를 위하여, OP-amplifier를 이용한 2nd-order Band-Pass active filter를 설계하고 실험을 통해서 검토한 결과는 다음과 같다.

(1) 정상 입력을 접지한 2개의 OP-amp를 사용하여 2차 BPF의 전달함수를 실현하고 실험을 통하여 이득의 계산치와 실측치가 일치함을 확인하였다 (그림 6.)

(2) 임출력 파형, 주파수 감쇠특성이 양호하고 회로의 간단화가 이룩되었으며 경제성이 있음이 판단되었다.

(3) BPF 회로(그림 1)의 약간의 소자 변경으로 LPF 및 HPF의 실현이 가능하였다(그림 2, 그림 3.)

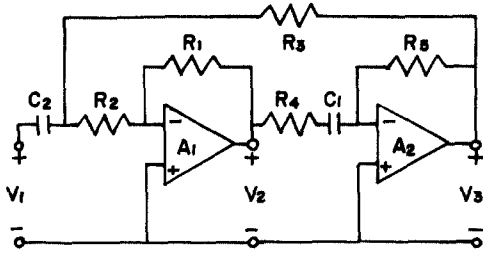


그림 3 고의 능동 이파기
The high-pass active filter.

3. 실험 및 고찰

(1) 실험회로 구성 및 방법

그림 4는 Band-Pass active filter를 실험하기 위한 계통도이다. 그림 1의 소자에서 연산증폭기는 MC1741CP와 저항은 공히 47k Ω Condenser는 공히 3020PF를 사용하였으며 전원은 전전지 6VDC 2개를 직렬연결하여 2조를 만들어 $\pm 12VDC$ 를 공급하였다.

그림 4에서 AF generator로부터 정현파를 10Hz 부터 100 KHz 까지 발생시켜 가면서 실험회로를 통과시켜 Oscilloscope로 임출력 파형의 전압과 파형을 관찰하였다.

(2) 결과 및 고찰

그림 4의 실험방법으로 BPF의 각주파수에 대한 이득의 변화량을 측정한 결과는 표 1과 그림 5와 같다. 또한 임출력 파형은 그림 5와 같이 잡음이 없는 양호한 특성이 나타났다.

그림 6에서 진폭특성을 검토하면 1100~1200Hz 구간은 0dB에 가깝게 일정하고 차단주파수는 800Hz, 1600Hz이며 대역폭은 800Hz이다. 따라서 차단주파수 부근의 경사가 완만하고 그외의 구간에서는 감쇠특성이 양호한 곡선을 얻을 수 있었고 또한 계산치와 실측치가 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다.

参 考 文 献

- (1) Mitsuo okine, "Active RC Filter using VCCS," Inst. Electro Commun. Eng. Jap. Vol. 61, No.7, pp. 536-537, 1978.
- (2) 石橋幸男, "Biquad 回路를 基 本 上 에 4 次 밴드 패스 RC 액티브 필터," 電子通信學論誌, vol. 61-A, No.7, pp. 683-684, 1978.
- (3) 西瀧陸友, "OP 앰프의 필터 회로," 트랜지스터技術, vol. 17 No.3, P 257, 1980.
- (4) Millman and Halkias, "Integrated electronics analog and digital Circuits and system," Mc Graw-Hill, inc., pp. 501-502, 1972
- (5) Aram Budak, "passive and active network Analysis and Synthesis," Tower press, pp. 319-410, 1979.
- (6) Huelsman, Allen, "Theory and design of Active filters," Tower press, pp. 148-200, 1982

표1 대역 통동 어파기의 주파수별 이득
The relation between the frequency and gain of BPF.

freq. (KHZ)	0.01	0.04	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.1	1.12
gain (-dB)	40	27.9	20	14.4	8.9	5	2.4	1.1	0.9	0.8
freq. (KHZ)	1.17	1.2	1.4	1.6	2.1	3	6	12	30	100
gain (-dB)	0.8	1	1.6	2.6	5	8.9	14.4	20	27.9	40

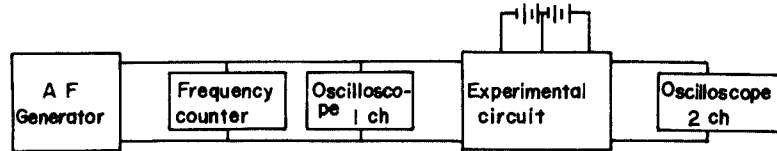
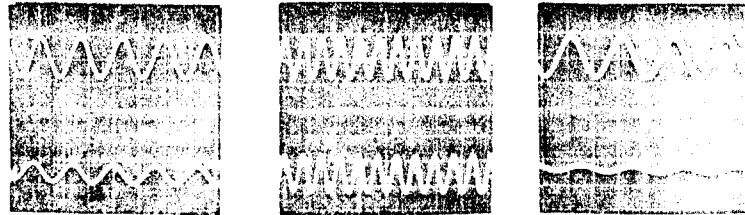


그림4 실험장치의 구성도
The block diagram of experimental circuit.



(a) 주파수 500(Hz) Frequency 500(Hz)
(b) 주파수 800(Hz) Frequency 800(Hz)
(c) 주파수 4000(Hz) Frequency 4000(Hz)

그림5 대역어파기 입출력(상: 입력파형, 하: 출력파형)
The waveforms of BPF.(upside:input waveform, underside:output waveform), div 50mv.

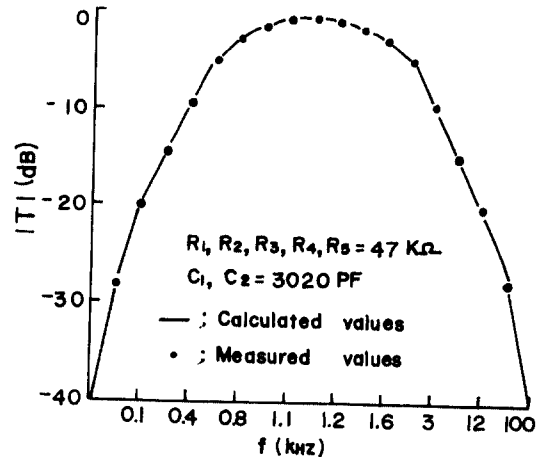


그림6 대역 통동 어파기의 주파수 이득
The amplitude response of BPF.