

Low - Sensitivity High - Frequency Tunable
Active R Biquadratic Filter Using Operational Amplifiers

박 홍 배 박 의 열
(정북대학교) (전국공학과)

Park, Hong-Bae, Park, Yi-Yul
(Dept. of Electronics, Kyungpook Natl. Univ.)

능 동 도 가 들 이 개 발 형 태 따
다 능 동 RLC 회로에 시 능
용 RC 회로에 의 변 환 에
에 한 관 심 이 로 불 마 저
한 한 번 산 증 폭 기 (operational
amplifier) 의 개 발 과 함 께 연 산
증 폭 기 를 사 용 한 active RC
filter 에 대 한 연 구 도 활 발 하
진 행 되 어 왔 다. 그 러 나, VCVS
(Voltage Controlled Voltage Source) 로
간 주 는 연 산 증 폭 기 를 사 용
한 active RC filter 는 연 산 증 폭
기 가 채 가 가 지 고 있 는 고
유 구 정 에 의 하 여 동 작 주 파
범 위 에 (많은) 제 한 을 받 으
며, capacitor 는 크 기 부 터 몇
가 적 들 의 분 제 로 인 하 여
집 중 회로 (integrated circuit) 제
에 도 문 제 점 을 야 기 한 다. 아
라 서 이 는 하 방 법 으 로 capacitor
의 개 명 가 많 은 것 이 다. active R
filter 에 대 한 논 문 은 크게
유 리 분 류 하 면, 두 동 등 RLC
나 능 동 RC 회로로 변 환 시 키 는
R 회로로 변 환 시 키 는 것 라
연 산 증 폭 기 가 채 의 특 성 으
를 후 더 야 기 되 는 이득 - 대
역 (gain-bandwidth product)
에 다른 동 등 특 성, slew rate,

non-zero output impedance 등이
필터 동작에 미치는 영향에
대한 것으로 주목할 수
있다.
따라서 본 논문에서는 위
의 capacitor를 전혀 사용하지
않고 이득 $A(s) = \frac{A_0 \omega_0}{s + \omega_0}$ 큰 표시
되는 연산 증폭기의 one-pole
roll-off 특성과 저잡음을
이용하여 active R biquadratic filter
회로를 제안하였다.

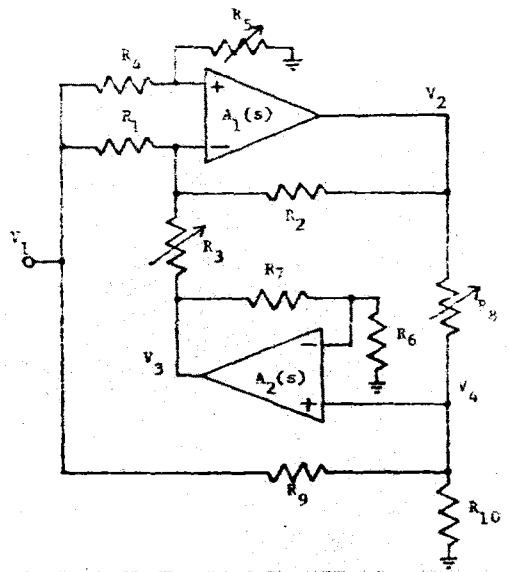


Fig. 1 Proposed active R biquadratic filter circuit.

이 제안된 회로에서 전달 함수 $T_{31}(s)$ 와 $T_{41}(s)$ 를 구하면

$$T_{31}(s) = \frac{eGB_1s + e4fGB_2 - f(b-a)GB_1GB_2}{s^2 + (\omega_1 + \omega_2)s + \omega_1\omega_2 + dfGB_1GB_2}$$

$$T_{41}(s) = e \frac{s^2 + (\omega_1 - \frac{f(b-a)}{e}s + \omega_2)s + \omega_1\omega_2 - \frac{f(b-a)}{e}GB_1GB_2}{s^2 + (\omega_1 + \omega_2)s + \omega_1\omega_2 + dfGB_1GB_2}$$

와 같다. 여기서 우리는 두 식의 분자의 계수 중 저항 비를 적당히 변화시키므로써 V_3 단자로부터 저역대역 필터의 특성을 얻을 수 있으며, V_4 단자로부터 고역대역 필터의 특성을 얻을 수 있다. 저항 비들은 pole-frequency, pole Q 및 연산 증폭기의 이득-대역폭 적(積)이 주어지면 계산될 수 있으며 극점에 개변수 (pole parameter; ω_p, Q_p)는 아래 식으로 표시된다.

$$\omega_p^2 = (cg + df)GB_1GB_2$$

$$Q_p = \frac{\sqrt{(cg+df)GB_1GB_2}}{cGB_1 + gGB_2}$$

본 노가돌에 대한 변수를 구하면

$$|S_x^{\omega_p}| \leq \frac{1}{2}, \quad |S_x^{Q_p}| \leq 1$$

같은 때 이 회로는 매우 낮은 감도를 가지며 또한 dimensional homogeneity 의 이룬 바도 아주 잘 일치함을 보인다.

$$\sum S_{GB_1}^{\omega_p} = 1$$

$$\sum S_{R_i}^{\omega_p} = \sum S_{GB_2}^{Q_p} = \sum S_{R_i}^{Q_p} = 0$$

Table 1 Sensitivities.

x \ y	ω_p			Q_p		
	LPF	BPF	HPF	LPF	BPF	HPF
GB_1	0.5	0.5	0.5	0	0	-0.5
GB_2	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5
R_1	0.49	0.47	0.43	0	0	-0.44
R_2	0	0	0.01	0.49	0.49	1.0
R_3	-0.49	-0.47	-0.44	-0.49	-0.49	-0.56
R_4	0	0	0	0	0	0
R_5	0	0	0	0	0	0
R_6	0.01	0.01	0	-0.49	-0.49	0
R_7	-0.01	-0.01	0	0.49	0.49	0
R_8	0	-0.38	-0.46	0	-0.38	-0.46
R_9	0	0.37	0.41	0	0.37	0.41
R_{10}	0	0.01	0.05	0	0.01	0.05

$\omega_p = 2\pi \times 10^3$ rad/sec, $Q_p = 5$ 를 두고 HA 741 의 연산 증폭기 특성을 사용하여 각 필터의 특성을 극점하면 아래와 같다.

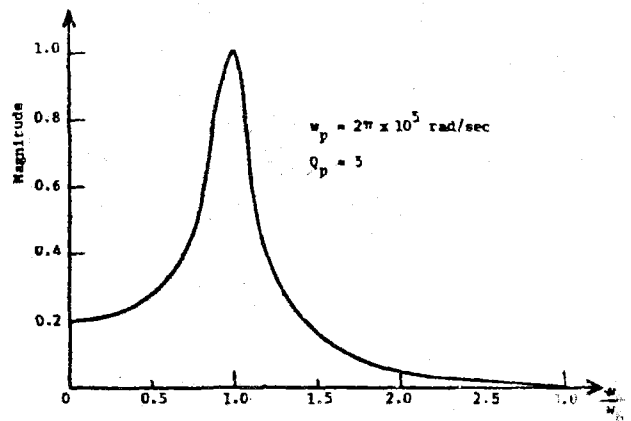


Fig. 2 Lowpass filter characteristics.

integrated circuit 이 큰 이 개성
도 용 이 하 러 라 범 각 한 다.

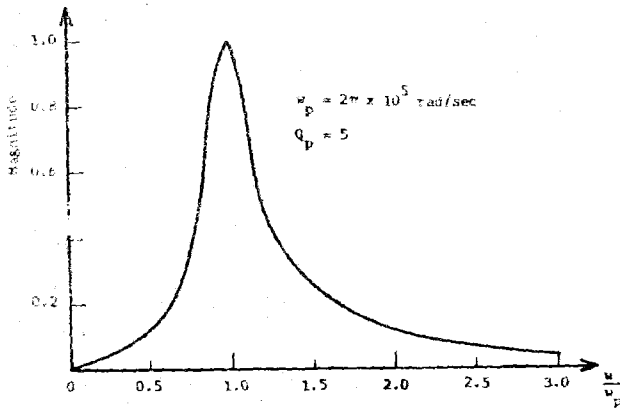


Fig.3 Bandpass filter characteristics.

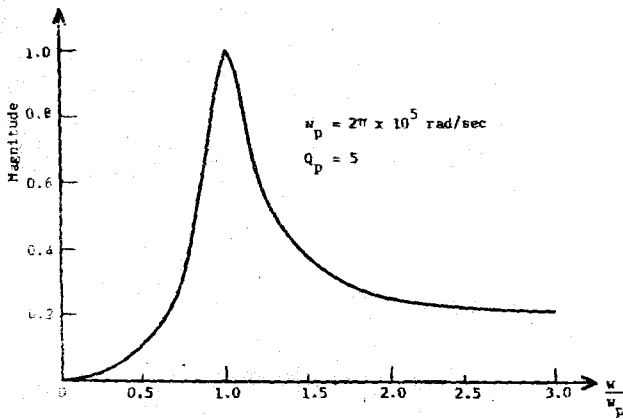


Fig.4 Highpass filter characteristics.

이 제안된 회로는 두개의
저항 (R_3, R_6)을 변화시키므로
서 넓은 범위에 걸쳐 큰 조정
비율의 튜닝도 용이
하며 high-frequency, medium-Q
대역 적합하다. 또한 외부
capacitor를 전혀 사용하지 않으
므로 monolithic 혹은 hybrid