

■ 서론

1. 목표

- ① LPF, HPF를 이론적 바탕으로 회로를 구성하고 동작을 이해한다.
- ② 수동 필터와 능동 필터를 이해하고 이 둘의 차이와 장단점을 설명할 수 있다.
- ③ 함수발생기, 오실로스코프, 스펙트럼 분석기 사용법을 익히고 결과를 분석할 수 있다.

■ 본론

1. OpAmp HA17741 동작 특성 알기

Absolute Maximum Ratings ($T_a = 25^{\circ}\text{C}$)

Item	Symbol	Ratings		Unit
		HA17741PS	HA17741	
Power-supply voltage	V_{CC}	+18	+18	V
	V_{EE}	-18	-18	V
Input voltage	V_{in}	± 15	± 15	V
Differential input voltage	$V_{in(diff)}$	± 30	± 30	V
Allowable power dissipation	P_T	670 *	670 *	mW
Operating temperature	T_{opr}	-20 to +75	-20 to +75	$^{\circ}\text{C}$
Storage temperature	T_{stg}	-55 to +125	-55 to +125	$^{\circ}\text{C}$

Note: These are the allowable values up to $T_a = 45^{\circ}\text{C}$. Derate by $8.3 \text{ mW}/^{\circ}\text{C}$ above that temperature.

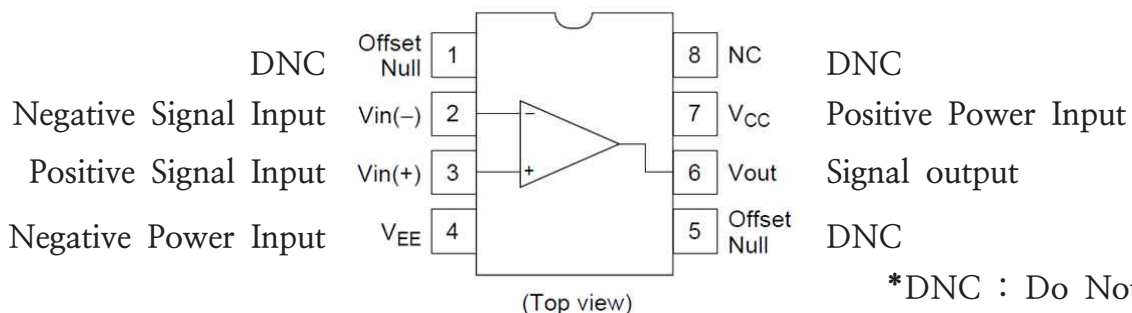
OpAmp제조사에서 제시한 전기적 사양 범위 내에서만 사용해야 안정적인 동작을 신뢰할 수 있다.

동작 온도와 보관 온도 범위가 넓어 현장에 적용하지 않고 실험실에서만 사용한다면 무시해도 좋은 범위이다.

단, 파워서플라이는 최대 30V를 출력할 수 있는데, V_{CC} 는 +18V, V_{SS} 는 -18V까지만 사용할 수 있으니 주의한다.

우리 4조는 +15V와 -15V를 인가하기로 하였다.

또한, 입력전압은 최대 $\pm 30\text{V}$ (접지전위에서는 $\pm 15\text{V}$)이므로 함수발생기 출력은 20V로 세팅하였다.



OpAmp HA17741의 외부 핀 배치이다.

양전원을 공급할 수 있도록 V_{CC} 와 V_{EE} , 가상접지 및 신호 입력을 위한 V_{IN} , 출력인 V_{OUT} 단자가 있다.

여기서 Offset Null 단자는 사용하지 않을 예정이므로 오픈상태로 둘 예정이다.

2. 능동 필터(Active Filter) 설계

능동 필터를 이용해 필터를 설계하려면 여러 가지 공식이 사용되어야 한다.

예를 들어 4kHz를 기준으로 LPF와 HPF를 설계하고 싶으면 관련 공식을 사용해 R값과 C값을 결정해야 한다.

① 공식 및 계산

차단주파수를 구하는 공식은 $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$ 이다.

여기서 우리가 알아내야 할 값은 R과 C인데, 보통 커패시터가 저항에 비해 종류가 제한적이다.

적당한 커패시터 값을 정하고 저항을 선정하면 되는데, 우리 4조는 0.047μF를 사용하기로 했다.

커패시터 값과 차단 주파수를 알면 저항을 구해야 하는데, 공식은 $R = \frac{1}{2\pi f_c C}$ 로 구해진다.

이렇게 해서 각각의 값을 대입하면 $R = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 4 \times 10^3 \times 47 \times 10^{-9}}$ 가 되고 계산하면 약 846.5Ω이 된다.

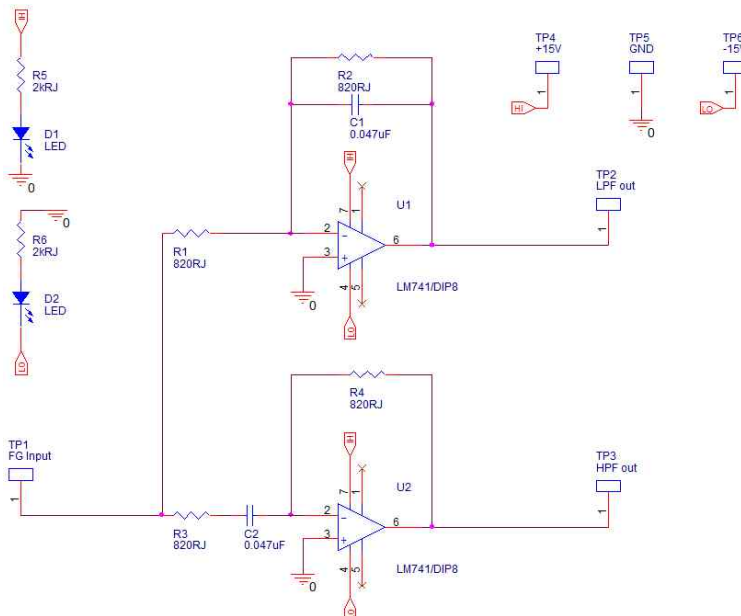
846Ω은 실제로 생산되지 않으므로 우리 4조는 범용적으로 쓰이는 820Ω을 사용하였다.

820Ω을 사용했을 때 계산해보면 $f_c = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 820 \times 47 \times 10^{-9}} \approx 4.130kHz$ 가 되어 감안할 수 있는 오차이다.

입력대비 증폭률도 정할 수 있는데, 이것은 이득이라고 부르고 계산공식은 $G = \frac{R_f}{R_c}$ 를 이용한다.

이득을 1로 하기 위해 피드백 저항은 1:1 같은 것을 사용하였다.

② 회로도

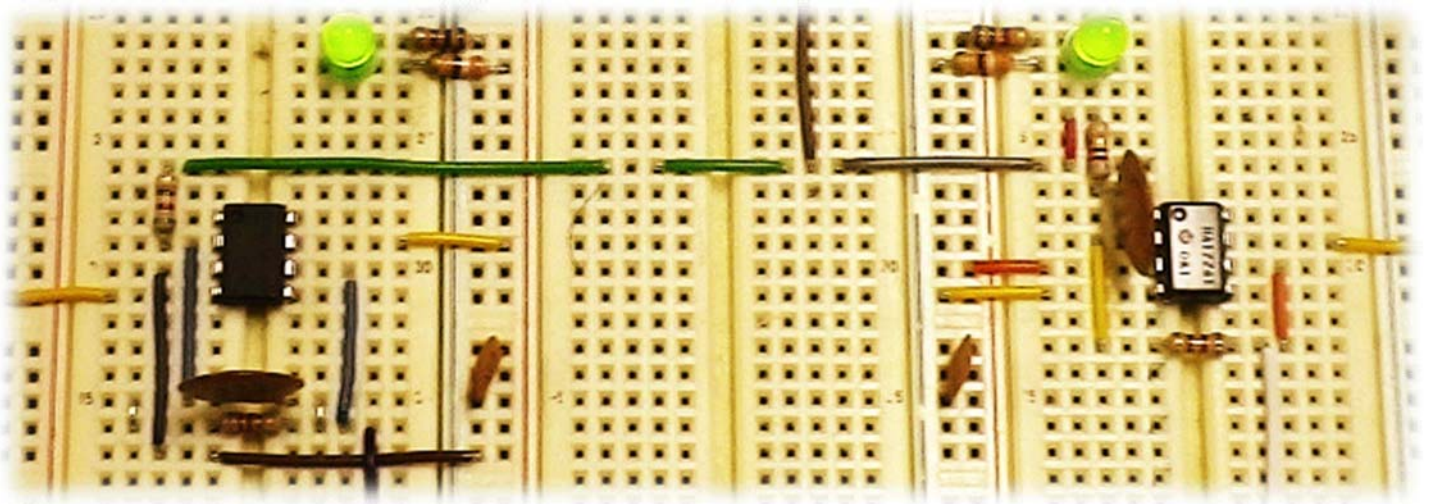


제시된 회로를 바탕으로 브레드보드에 부품을 배치했고, CADANCE OrCAD 16.3으로 작성한 회로도이다.

LPF와 HPF출력 파형을 동시에 관찰하고자 신호 입력과 전원은 함께 공유하도록 설계했다.

입력과 출력, 전원입력은 TP를 달아 신호 입출력을 좀 더 쉽게 접속할 수 있도록 했다.

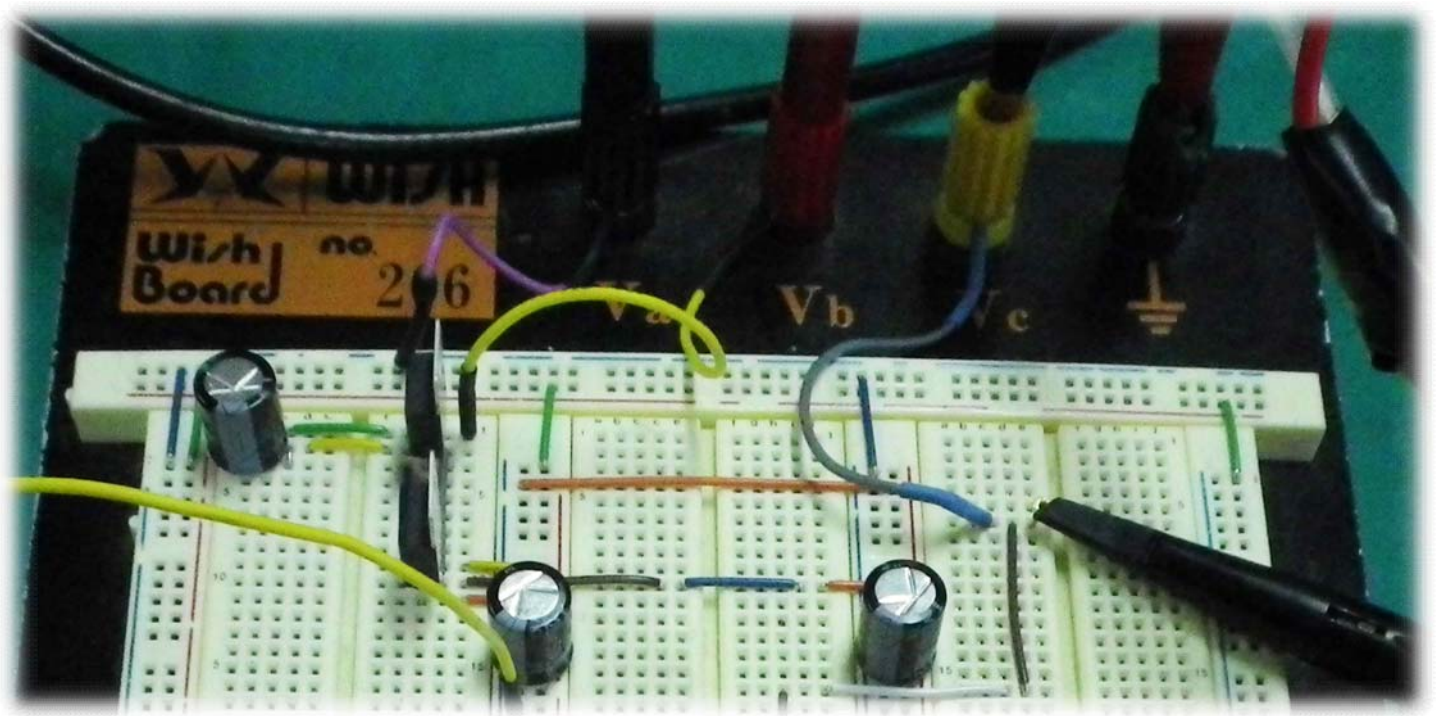
③ 브레드보드에 부품배치 및 배선



OpAmp와 주변 부품을 배치하고 Jump Wire로 배선한다.

LED를 장착한 이유는 파워서플라이가 정상적으로 동작하는지, 연결이 올바른지 확인하기 위해 달았는데, 불이 들어오지 않았다면 전원입력이 없거나 역 전압을 인가한 경우가 될 수 있다. 또한, LED의 밝기가 다르다면 양 전압과 음 전압이 다르다는 것을 의미하므로 전원문제에 대해서는 빠르게 대응하게 해준다.

④ 전원 공급

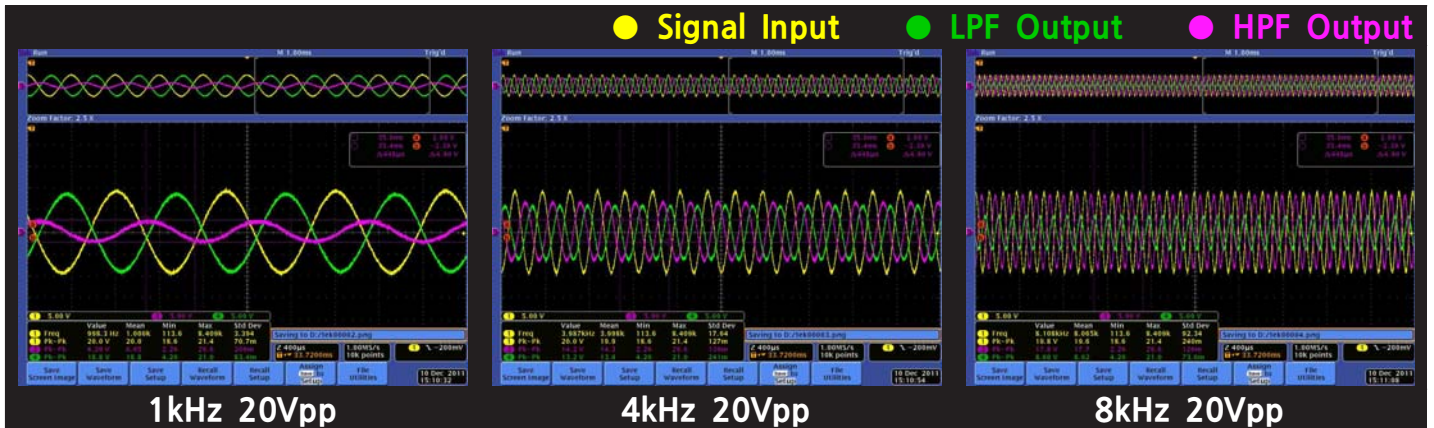


2채널 파워서플라이를 사용해야 하지만, 이 보고서를 쓸 시점에서는 양 전원을 공급할 수 있는 파워서플라이가 없어, 임기응변으로 7812와 7824 리니어 레귤레이터를 이용해 +12V와 -12V 전원을 구성하였다.

7812의 출력(+12V)을 가상접지(0V)로 사용하고, 7824의 출력(+24V)를 가상 양전원(+12V), 레귤레이터 접지 혹은 가상 음전원(-12V)으로 사용하였는데 주의할 점은 함수발생기, 오실로스코프, 파워서플라이가 공통 접지되어 있으므로 파워서플라이 출력을 접지처리하면 단락이 발생하므로 파워서플라이 출력과 접지는 분리한다.

3. 결과 측정

① 함수발생기 주파수에 따른 LPF, HPF출력 파형 및 이득

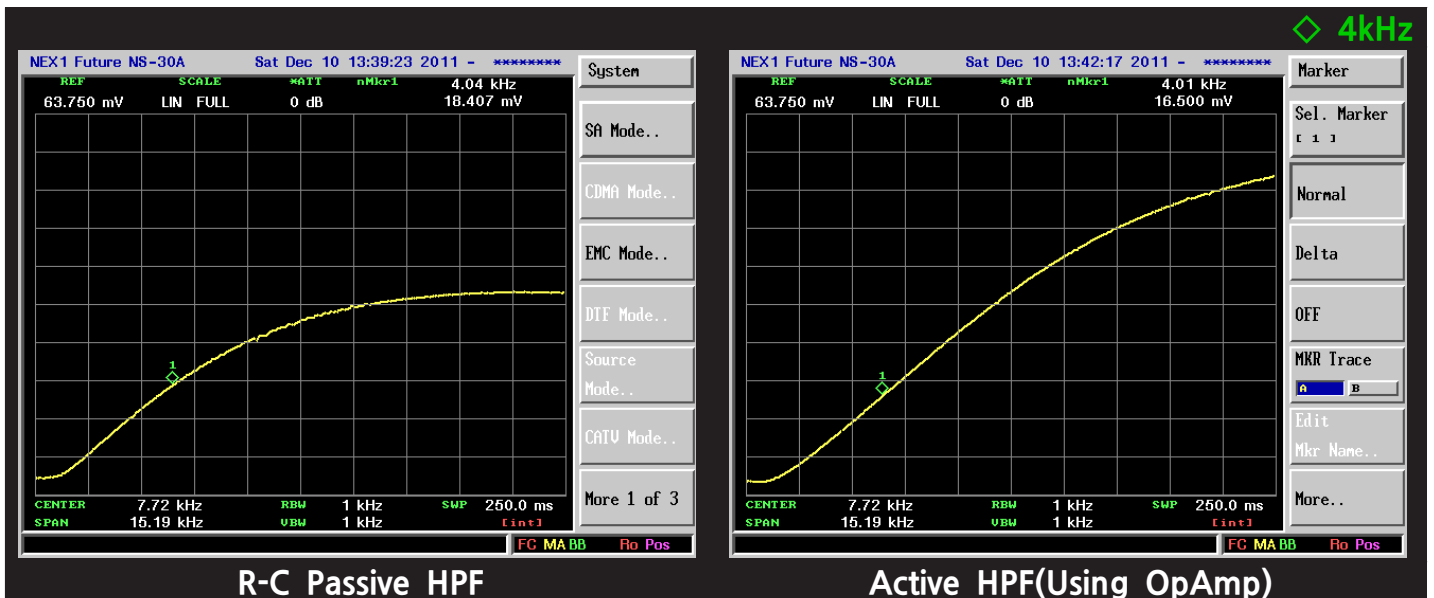


관찰된 파형에서도 볼 수 있듯이 각각의 주파수에 따라 출력단 전압이득이 달라지는 것을 확인할 수 있었다. 자세한 수치는 아래 표를 참고한다.

구분	입력 주파수 및 측정된 값											
freq. [Hz]	1	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
LPF [Vpp]	19.7	18.3	17.5	16.3	14.8	13.8	12.2	11.9	11.1	10.4	9.6	9.1
HPF [Vpp]	6.4	8.2	10.3	12.3	13.4	14.2	14.4	15.6	16.3	16.6	17.3	17.5

② 스펙트럼 분석기로 관찰한 수동 필터와 능동 필터의 차이

R과 C만을 이용해 간단히 필터를 설계할 수 있는데, 구지 OpAmp를 이용해 능동 필터를 구현하고자 하는 것일까?



저주파영역의 필터를 LC로 구성하고자 생각하면 큰 인덕턴스의 값이 필요하게 되어 코일(인덕터)의 형상은 크고 무겁게 되며 Q가 저하된다. 또한 코어에 사용하는 자성체의 비선형성의 영향이 나오기도 하고 코일의 누설자계에 의해 다른 회로에 잡음을 발생시키는 등 부적당한 점이 많아 본래 인덕턴스를 제거하고자 생각된 방법이다.

능동 필터로 하면 코일에 관련된 이런 불편함을 제거할 수 있고, C와 R의 값을 바꿈으로써 필터의 특성을 바꾸거나 필터의 이득의 범위도 넓게 설정할 수 있는 등의 장점이 있고, 좀 더 이상적인 필터가 완성된다.

■ 결론

차단주파수와 같은 주파수를 공급하면 출력 전압은 $V_{fc} = V_{IN} \times 0.707$ 로 구해지는데,



이것과 비교해보면 $f_c = 3.675kHz$ 로 다소 오차가 있음을 알 수 있다.

이것은 소자의 J급 저항 5%, M급 커패시터 20%의 오차가 있고, 특히 납땜하지 않고 브레드보드에 제작한 것이라, 소자나 Jump Wire, 계측기 프로브의 접촉저항으로 발생할 수 있는 오차 수치라 생각된다.

하지만 능동 필터를 이용하니 이상적인 HPF와 LPF에 가깝게 설계되었고, 2차 능동 필터로 응용한다면 좀 더 원하는 결과를 얻을 수 있을 것이라 생각된다.

■ 참고

1. 참고 자료

- ① National Semiconductor Application Note - OpAmp Circuit Collection [2002]
- ② HITACHI, Ltd. Datasheet - HA17741 [1998]

2. 사용 계측기

- ① DIGITAL DRP-303A : 30V 3A Power Supply
- ② LG FG-7002C : Function Generator
- ③ Tektronix DPO 4034 : Oscilloscope

3. 약어/용어 해설

- ① LPF - Low Pass Filter : 저역 통과 필터
- ② HPF - High Pass Filter : 고역 통과 필터
- ③ OpAmp - Operational Amplifier : 연산증폭기
- ④ LED - Light Emitting Dide : 발광다이오드
- ⑤ Passive Filter : 수동 필터
- ⑥ Active Filter : 능동 필터
- ⑦ TP - Test Point : 테스트 포인트
- ⑧ C - Capacitor : 축전기(콘덴서/커패시터)
- ⑨ R - Resistor : 저항기
- ⑩ L - Inductor : 인덕터
- ⑪ Q - Quality Factor : 선질 계수
- ⑫ G - Gain : 이득