실험 문제: 저역 통과 및 고역 통과 필터 회로

서론

전자공학과 신호 처리 분야에서 등장한 저역 통과 및 고역 통과 회로는 주파수에 따른 신호 응답을 조절한다.

저역 통과 회로는 낮은 주파수의 신호를 통과시키고 높은 주파수는 감쇠시키거나 차단한다. 신호를 매끄럽게 하거나 잡음과 간섭 같은 불필요한 고주파 성분을 제거하는 데 유용하다.

고역 통과 회로는 높은 주파수의 신호를 통과시키고 낮은 주파수는 감쇠시키거나 차단한다. 따라서 고조파나 고주파의 세부 성분처럼 신호의 빠르게 변하는 부분을 강조할 때 유용하다.

저항, 축전기, 인덕터 등의 부품이 상호작용하여 고역 통과 또는 저역 통과 특성을 만든다.

이 회로는 계의 주파수 응답을 보여 주는 보드 선도로 나타낼 수 있다. 선도에서 주파수에 따라 신호가 어떻게 감쇠되거나 통과하는지 볼 수 있다.

보드 선도로 주파수별 계의 거동을 이해하여 신호를 적절히 여과하고 처리하는 회로를 설계할 수 있다(그림 1).

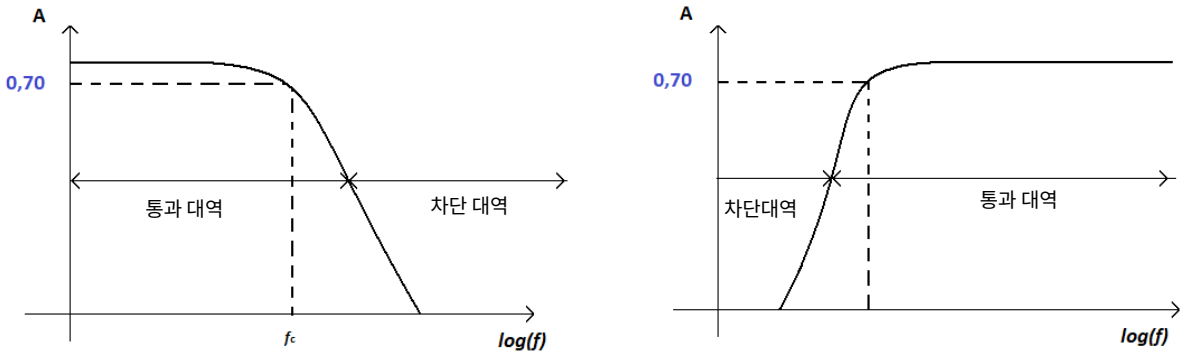


그림 1. 저역 및 고역 통과 회로의 보드 선도.

차단 주파수는 $V_{s\,salida} = 0{,}7V_{e\,entrada}$를 만족할 때로 정하여라.

(cc) BY-NC-SA

저역 및 고역 통과 회로의 주파수 응답을 이해하면 신호를 효율적으로 여과하고 처리하는 회로를 설계할 수 있다.

저역 통과 회로의 활용 예는 다음과 같다.

- ✓ 스피커의 오디오 처리.
- ✓ 안티앨리어싱 필터.
- ✓ 통신의 간섭 제거 필터.

고역 통과 회로의 활용 예는 다음과 같다.

- ✓ 오디오 이퀄라이저.
- ✓ 크로스오버 필터.
- ✓ 신호 분석을 이용한 측정 기기.

이러한 설계는 전자공학, 의학, 통신, 계측 분야에서 유용하게 활용된다.

눈에 잘 보이지 않지만 이 회로들은 여러 분야와 기술이 작동하는 데 매우 중요하다. 에너지 흐름과 신호 전달을 다룸으로써 통신과 전자공학의 새로운 길을 열기 때문이다. 개별 부품으로 이루어진 작은 회로도 현대 사회의 발전에 핵심 역할을 한다(그림 2).

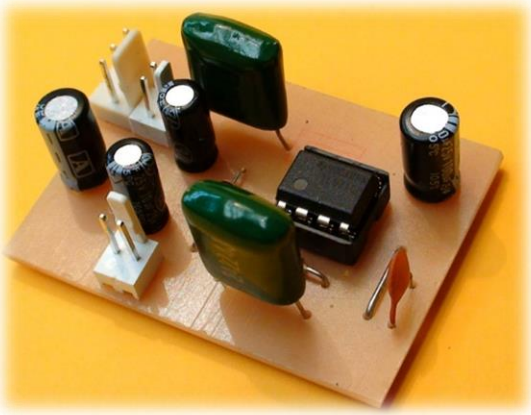


그림 2. 실제 장치에 쓰이는 저역 통과 전자 회로 설계.

(cc) BY-NC-SA

이론 설명

저역 통과 필터

그림 3은 다음과 같은 RC 회로이다.

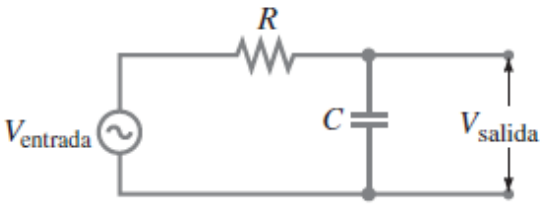


그림 3. RC 저역 통과 필터 회로도.

이 회로는 저주파 신호를 고주파 교류 신호보다 적게 감쇠시키므로 저역 통과 필터라고 한다.

이 필터의 이득, 즉 전압비는 다음과 같다.

$$A = \frac{V_{salida}}{V_{entrada}} = \frac{1}{(4\pi^2 f^2 R^2 C^2 + 1)^{\frac{1}{2}}}$$ 식 1

고역 통과 필터

그림 4는 다음과 같은 RC 회로이다.

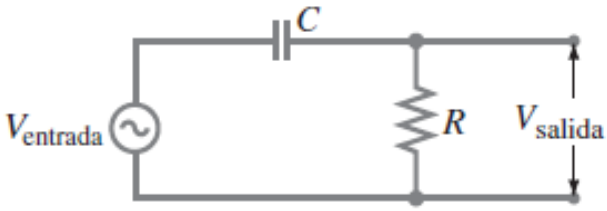


그림 4. RC 고역 통과 필터 회로도.

이 회로는 저주파 신호를 고주파 교류 신호보다 적게 감쇠시키므로 저역 통과 필터라고 한다.

이 필터의 이득, 즉 전압비는 다음과 같다.

$$A = \frac{V_{salida}}{V_{entrada}} = \frac{2\pi f RC}{(4\pi^2 f^2 R^2 C^2 + 1)^{\frac{1}{2}}}$$ 식 2

(cc) BY-NC-SA

준비물

- ✓ 함수 발생기
- ✓ 오실로스코프
- ✓ 1 kΩ 저항
- ✓ 1 µF 축전기
- ✓ 멀티미터
- ✓ 연결 전선

실험 절차 (20점)

A부: 저역 통과 회로

- *실험 장치 구성*

1. Aprende U 플랫폼에서 VISIR HIVE 실험실에 접속하여라. 그림 5와 같은 작업 화면에서 회로를 구성할 수 있다.

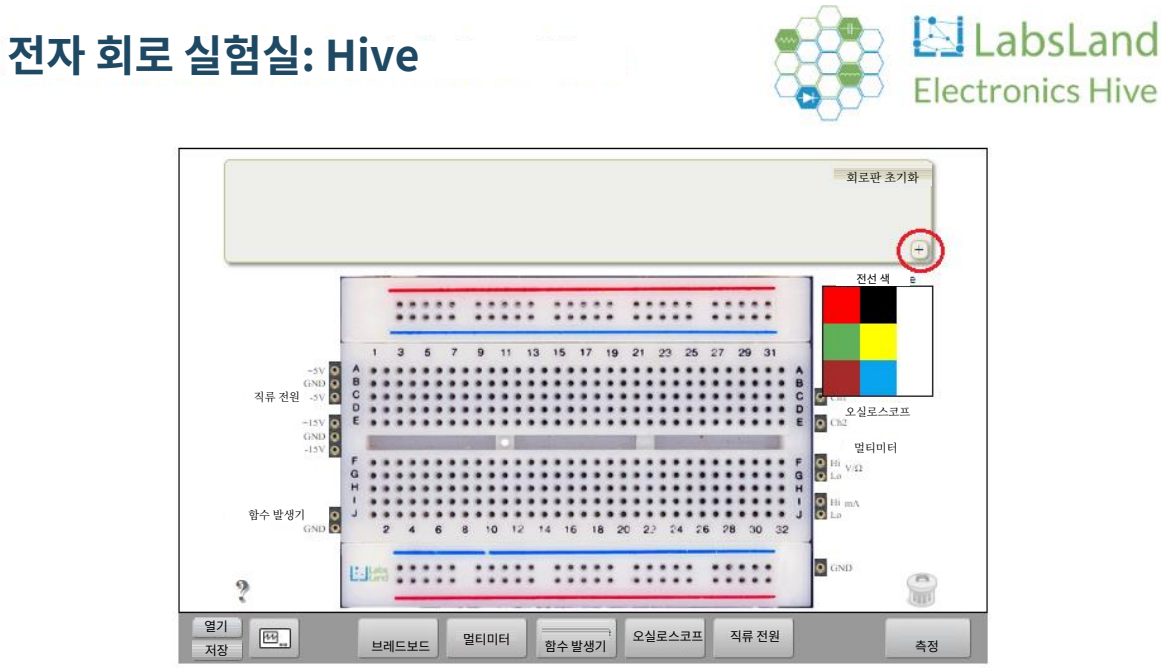


그림 5. 회로 실험용 HIVE 원격 실험실.

2. VISIR 원격 실험실에서 '고급 실험'을 선택하고 '접속'을 눌러라.

3. 회로판에 $\mathbf{1\mu F}$ 축전기와 $\mathbf{1k\Omega}$ 저항을 추가하여라.

(cc) BY-NC-SA

4. 앞서 선택한 저항과 축전기로 브레드보드에
그림 3의 회로를 구성하여라.

5. 다음과 같이 신호 발생기를 연결하여라.
- '함수 발생기'를 저항의 첫 단자(화면 왼쪽)에 연결하여라.

- 저항의 다른 단자(오른쪽)를 축전기의 첫 단자(왼쪽)에 연결하여라.

- 축전기의 다른 단자(오른쪽)를 접지 'GND'에 연결하여라.

6. 다음과 같이 오실로스코프 채널을 연결하여
발생기와 축전기의 전압을 측정하여라.
- 'Ch1'을 저항의 첫 단자(발생기와 연결된 왼쪽)에 연결하여라.

- 'Ch2'를 축전기의 첫 단자(저항과 연결된 왼쪽)에 연결하여라.

• *실험 측정* ***(3점)***

7. 별도로 저항 양단에 전선을 연결하여
멀티미터에 연결하여라. 저항계 모드(Ω)를 선택하고 '측정'을 눌러 실제 저항값과
불확도를 표 2에 기록하여라.

8. 축전기에도 같은 절차를 수행하되,
멀티미터를 정전 용량 모드(F)로 설정하고 실제 용량과 불확도를 표 1에 기록하여라.

참고: *7, 8번은 사전 장치 익히기 활동처럼 별도로 수행해야 한다.*

9. 다음과 같이 신호 발생기를 연결하고 설정하여라.
- 사인파 ~를 선택하여라

.
- 입력 첨두 간 전압을 $V_{i\ entrada} = 1\ Vpp$로 설정하고 이후 바꾸지 마시오.

10. 오실로스코프를 설정하여
전압과 진동수를 측정하여라. 오실로스코프에서

(cc) BY-NC-SA

전압은 Y축, 시간은 X축에 표시된다. 다음과 같이 설정하여라.

- 채널 2를 선택하여라.
- 진폭 모드(ampl)를 켜서 채널 2 진폭 측정 표시가 나타나게 하여라.

- 같은 방법으로 진동수(freq)도 선택하여라. 이제 출력 전압과 진동수 측정값이 표시된다.

11. 회로 설정을 마치면 신호 발생기로 돌아가 Freq 모드를 선택하고 진동수를 60 Hz로 정하여라.

12. 오실로스코프로 돌아가 '측정'을 눌러라. 사인파들이 나타난다.

13. 채널 2 신호의 진동수와 출력 전압을 표 1에 기록하여라.

14. 모든 측정에서 각 기기를 디지털 기기로 취급하여 불확도를 고려하여라.

15. 다른 진동수에서도 반복하되, [100~3000] Hz 범위를 사용하고 표 1에 기록하여라.

16. 모은 자료에서 이득 A를 구하라.

표 1. 저역 통과 회로의 출력 전압과 진동수.

$V_{entrada} = \quad \pm \quad \mathbf{V} \;\; I \;\; R = \quad \pm \quad \mathbf{\Omega} \;\; I \;\; C = \quad \pm \quad F$

진동수 f (Hz) $\pm$__ Hz	출력 전압 V_{sal} (V) $\pm$_____ $\mathbf{V}$	이득 A

• *분석 및 맞춤 (7점)*

17. 식 1을 선형화하여라.

18. 표 1의 자료와 앞에서 얻은 식으로 RC와 불확도를 얻을 수 있는 그래프를 그리고 표 2에 기록하여라.

19. 이론적 RC 곱과 비교하여 결과를 표 2에 써라.

20. 차단 주파수를 구하여라.

(cc) BY-NC-SA

표 2. RC 곱의 결과

이론적 RC 곱 (τ) ± s	실험적 RC 곱 (τ) ± s	차이 %

21. 표 2의 결과를 논의하여라.

B부: 고역 통과 회로

• *실험 장치 구성*

1. VISIR HIVE 실험실에 다시 접속하거나 새 실험을 시작하여 그림 5의 작업 화면을 열어라.

2. 다시 $\mathbf{1}\mu F$ 축전기와 $\mathbf{1}k\Omega$ 저항을 사용하여라.
3. 브레드보드에서 저항과 축전기로 그림 4의 회로를 구성하여라.
4. 신호 발생기를 다음과 같이 연결하여라.
- '함수 발생기'를 축전기의 첫 단자(화면 왼쪽)에 연결하여라.

- 다른 단자(오른쪽)를 저항의 첫 단자(왼쪽)와 직렬로 연결하여라.

- 저항의 다른 단자(오른쪽)를 'GND'에 연결하여라.

5. 다음과 같이 오실로스코프 채널을 연결하여 발생기와 축전기의 전압을 측정하여라.
- 'Ch1'을 축전기의 첫 단자(발생기에 연결된 왼쪽)에 연결하여라.

- 'Ch2'를 저항의 첫 단자(축전기와 직렬로 연결된 왼쪽)에 연결하여라.

(cc) BY-NC-SA

• *실험 측정* ***(3점)***

6. 같은 저항과 축전기를 쓰므로 A부의 7, 8번에서 측정한
실제 값과 불확도를 표 3에 다시 기록하여라.

참고: *6번은 사전 장치 익히기 활동처럼 별도로 측정해야 한다.*

7. 신호 발생기를 연결하고 설정하되,
A부 9번의 절차를 따라라.
8. 오실로스코프로
전압과 진동수를 측정하도록 설정하여라(A부 10번 참조).
9. 회로 설정 후 신호 발생기로 돌아가
진동수를 30 Hz로 정하여라.
10. 오실로스코프로 돌아가 '측정'을 눌러라.
11. 채널 2의 진동수와 출력 전압을
표 3에 기록하여라.
12. 모든 측정에서 각 기기를
디지털 기기로 취급하여 불확도를 고려하여라.
13. 다른 진동수에서도 반복하되,
[30~3000] Hz 범위를 사용하고 표 3에 기록하여라.
14. 모은 자료에서 이득
A를 구하라.

표 3. 고역 통과 회로의 출력 전압과 진동수.

$V_{entrada} = \pm$ **V** / $R = \pm$ **Ω** / $C = \pm$ ***F***

진동수 f (Hz) $\pm$__***Hz***	출력 전압 V_{sal} (V) $\pm$_____**V**	이득 A

• *분석 및 맞춤* ***(7점)***

15. 식 2를 선형화하여라.
16. 표 3의 자료와 앞에서 얻은 식으로
RC와 불확도를 얻을 수 있는 그래프를 그리고 표 4에 기록하여라.

(cc) BY-NC-SA

17. 이론적 RC 곱과 비교하고 결과를 표 4에 써라.

18. 차단 주파수를 구하여라.

표 4. 차단 주파수의 결과

RC 곱 이론값 (τ) ± s	실험적 RC 곱 (τ) ± s	차이 %

19. 표 4의 결과를 논의하여라.

(cc) BY-NC-SA

실험 문제: 답안 작성 안내

답안지 제출을 위한 권고 및 지침

A. 답안지에 이름을 쓰지 마시오.

B. 모든 답을 정돈하여 작성하여라.

C. 실험 문제의 순서와 번호에 맞추어
답을 작성하는 것이 좋다.

D. 답안은 로고나 표시가 없는
흰 종이에 작성하여라.

E. 모눈종이에도 표시를
금한다.

F. 답을 작성한 모든 종이를 스캔하여라.

G. 계산 연습장으로 사용한 종이는
답안 파일에 넣지 않는 것이 좋다.

H. 이 실험 문제지의 **어떤 쪽도** 제출 플랫폼에
올리지 마시오. 올리면 해당 쪽은 무효 처리된다.

(cc) BY-NC-SA