

회로 실험 강의 내용

11주차 : 저역통과 필터와 고역통과 필터

신한대학교 전자공학전공

조 성 재

sjcho@shinhan.ac.kr

11주차 - 저역통과필터와 고역통과필터

1. 저역통과필터

◆ Low Frequency Pass Filter (LPF)

◆ f_c : 차단주파수

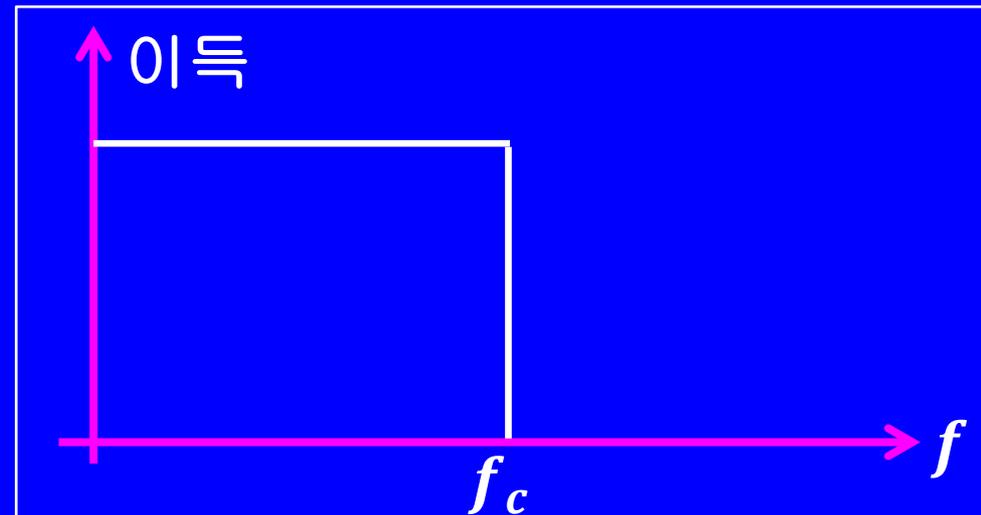
◆ 입력 신호의 주파수가 f_c 보다 낮은 신호는 통과

◆ 입력 신호의 주파수가 f_c 보다 높은 신호는 차단

◆ 이상적 저역통과필터 특성

◆ 이상적 저역통과필터 구현

불가능



저역 통과 필터

1. 저역통과필터

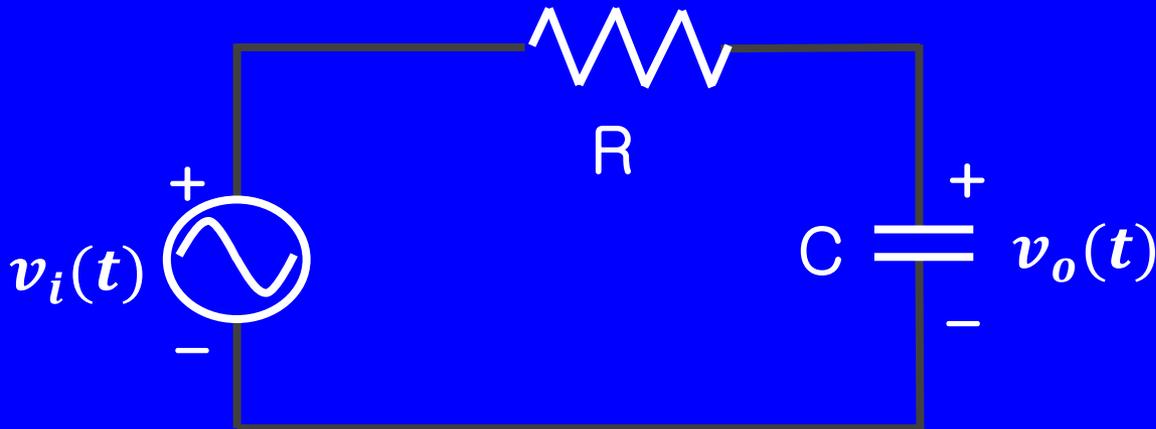
◆ Passive LPF (수동 저역통과필터)

입력되는 신호의 증폭없이 필터링 (RLC로 구성)

◆ Active LPF (능동 저역통과필터)

입력신호를 증폭하면서 필터링 (TR, FET, OP AMP, RLC로 구성)

◆ 가장 간단한 저역통과필터(LPF)는 RC 회로



저역 통과 필터

1. 저역통과필터

- ◆ 저역통과필터 입출력 특성

$$V_o = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} V_i = \frac{1}{1 + j\omega RC} V_i$$

$\omega = 2\pi f$ 이므로

$$= \frac{1}{1 + j2\pi f RC} V_i = \frac{1}{1 + j \frac{f}{\frac{1}{2\pi RC}}} V_i = \frac{1}{1 + j f / f_c} V_i$$

여기서 $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$: 차단 주파수

저역 통과 필터 이득

2. 저역통과필터 이득

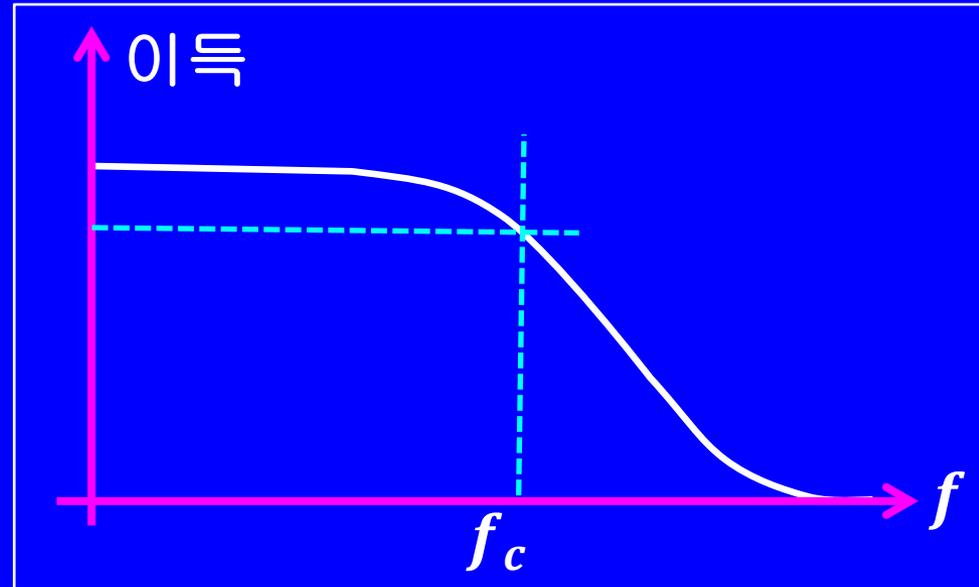
- ◆ 주파수에 따른 전압 이득

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1 + j f/f_c}$$

- ◆ 전압 크기의 이득

$$\frac{|V_o|}{|V_i|} = \frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_c)^2}}$$

- ◆ 신호가 DC($f=0$) : 이득=1
- ◆ 차단주파수 : 이득= $1/\sqrt{2}=0.707$
- ◆ 주파수가 무한대 : 이득=0



저역 통과 필터 이득[dB]

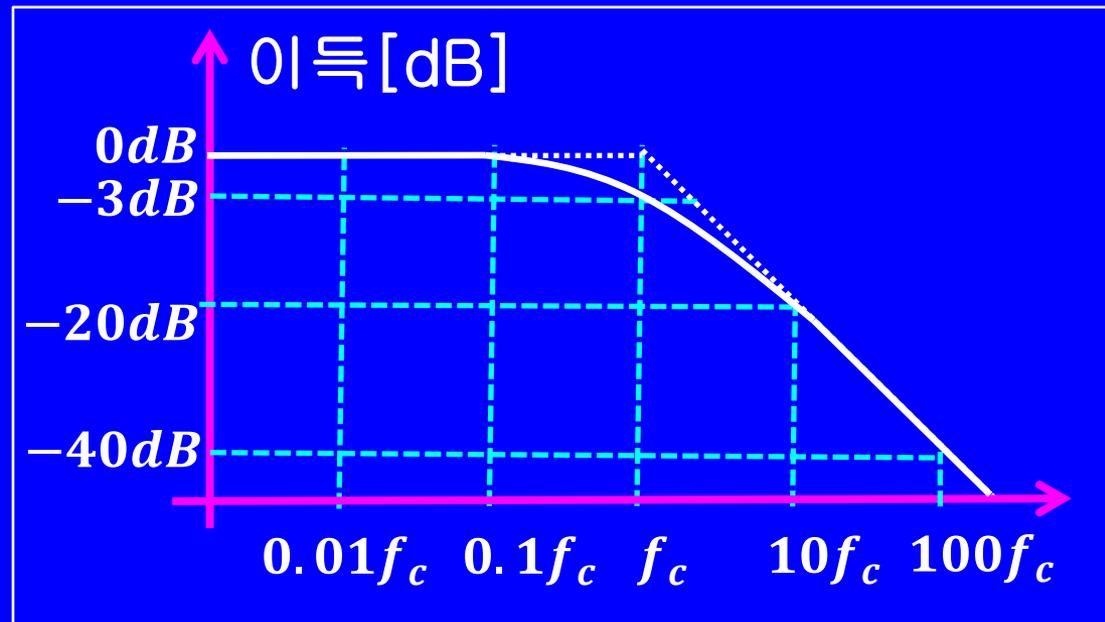
2. 저역통과필터 이득

◆ 전압 크기의 이득[dB]

$$\frac{|V_o|}{|V_i|} [dB] = 20 \log \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_c)^2}} \right\}$$

◆ 주파수에 따른 이득[dB]

$f = 0$	0dB
$f = 0.01f_c$	0dB
$f = 0.1f_c$	0dB
$f = f_c$	-3dB
$f = 10f_c$	-20dB
$f = 100f_c$	-40dB
$f = \infty$	$-\infty$ dB



저역 통과 필터 실험

3. 저역통과필터 실험 방법(a)

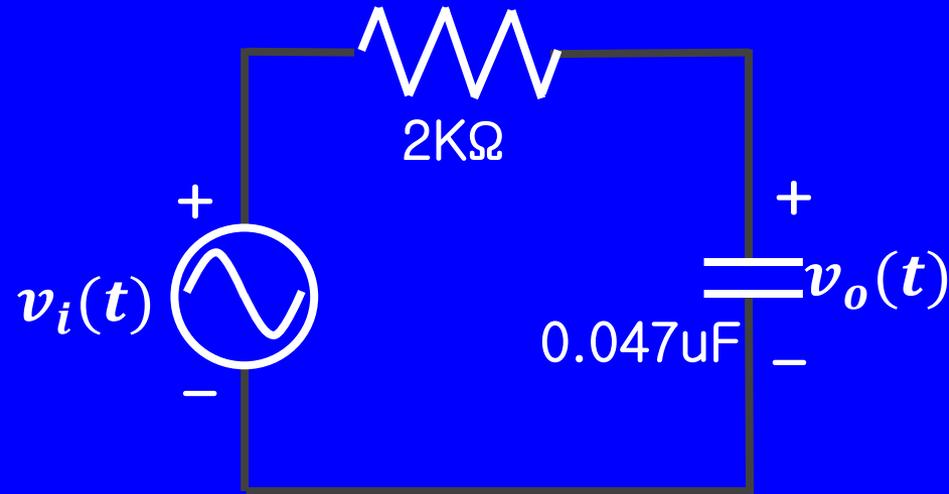
◆ 신호발생기 조정

- WAVE : Sine
- FREQ : 100Hz
- AMPL : 2Vpp
- DUTY, OFFSET : X
- MODU : X

◆ 오실로스코프 조정

- CH1 : 신호발생기 출력 OUTPUT A를 연결
- CH2 : 회로 출력을 연결
- TRIG : 신호원 CH1 선택

◆ 신호발생기의 주파수를 조정해가며 출력 전압 측정

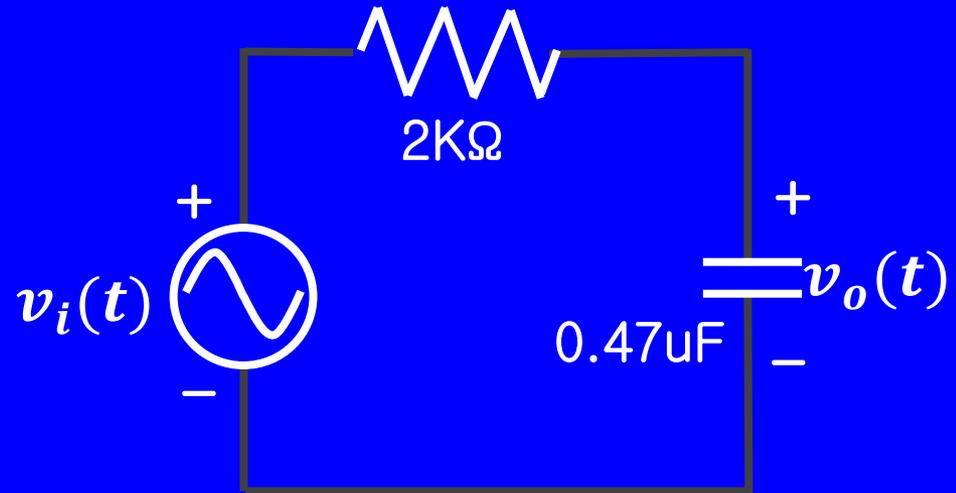


저역 통과 필터 실험

3. 저역통과필터 실험 방법(b)

◆ 신호발생기 조정(SWEEP 모드 설정)

- WAVE : Sine
- AMPL : 2Vpp
- FREQ, DUTY, OFFSET : X
- MODU 선택
- LOG 선택
- $f_1 = 10\text{Hz}$
- $f_2 = 10\text{KHz}$
- $t_w = 20\text{ms}$
- $t_s = 1\text{ms}$

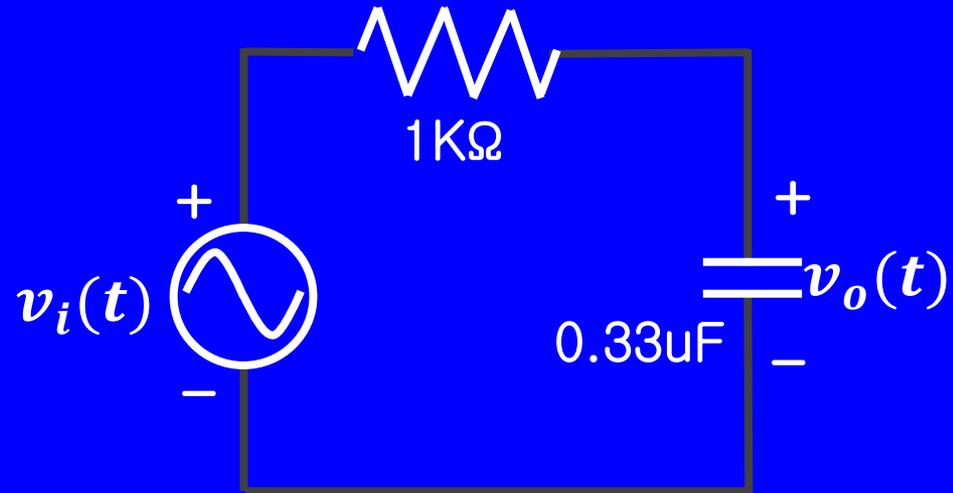


저역 통과 필터 실험

3. 저역통과필터 실험 방법(b)

- ◆ 신호발생기 OUTPUT A를 회로 입력 $v_i(t)$ 에 연결
- ◆ 회로 출력 $v_o(t)$ 를 오실로스코프 CH2에 연결
- ◆ 오실로스코프 조정

- CH1 : 신호발생기 SYNC OUT 출력
- CH2 : 회로 출력
- TRIG 메뉴 선택
- 신호원 : CH1 선택



고역 통과 필터

4. 고역통과필터

◆ High Frequency Pass Filter (HPF)

◆ f_c : 차단주파수

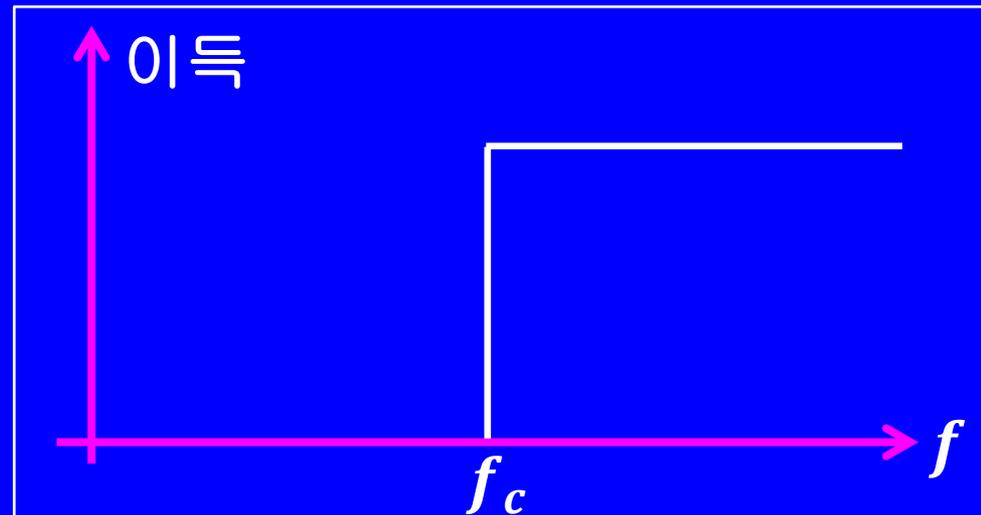
◆ 입력 신호의 주파수가 f_c 보다 높은 신호는 통과

◆ 입력 신호의 주파수가 f_c 보다 낮은 신호는 차단

◆ 이상적 고역통과필터 특성

◆ 이상적 고역통과필터 구현

불가능



고역 통과 필터

4. 고역통과필터

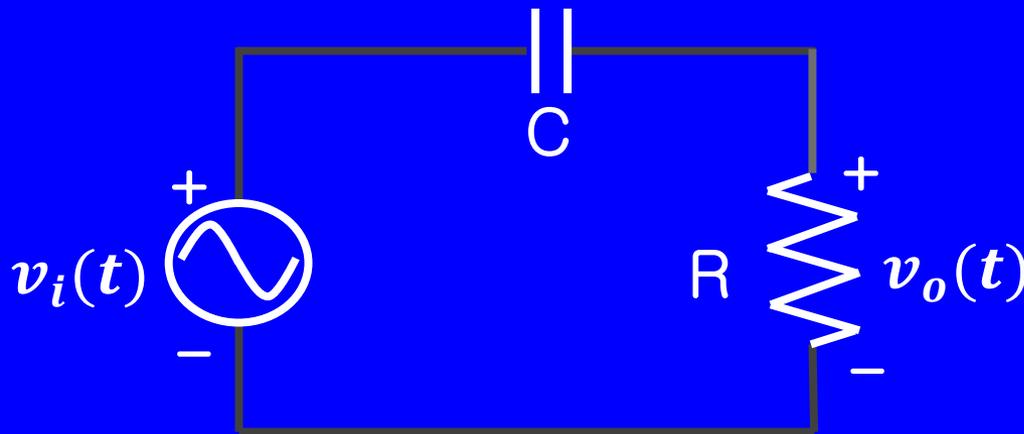
◆ Passive HPF (수동 고역통과필터)

입력되는 신호의 증폭없이 필터링 (RLC로 구성)

◆ Active HPF (능동 고역통과필터)

입력신호를 증폭하면서 필터링 (TR, FET, OP AMP, RLC로 구성)

◆ 가장 간단한 고역통과필터(HPF)는 CR 회로



고역 통과 필터

4. 고역통과필터

◆ 고역통과필터 입출력 특성

$$V_o = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} V_i = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC} V_i$$

$\omega = 2\pi f$ 이므로

$$= \frac{j2\pi f RC}{1 + j2\pi f RC} V_i = \frac{j \frac{f}{\frac{1}{2\pi RC}}}{1 + j \frac{f}{\frac{1}{2\pi RC}}} V_i = \frac{jf/f_c}{1 + jf/f_c} V_i$$

여기서 $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$: 차단 주파수

고역 통과 필터 이득

5. 고역통과필터 이득

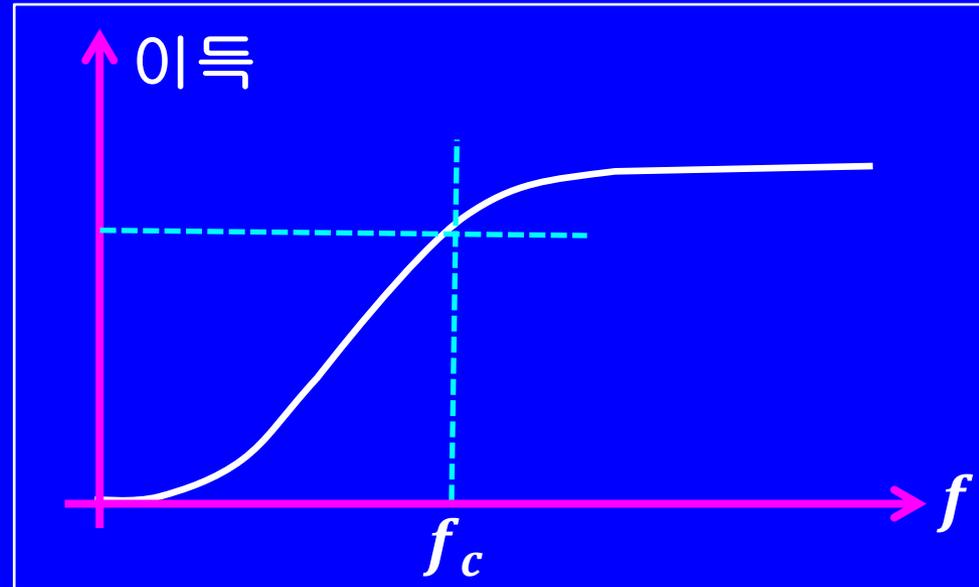
- ◆ 주파수에 따른 전압 이득

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{jf/f_c}{1 + jf/f_c}$$

- ◆ 전압 크기의 이득

$$\frac{|V_o|}{|V_i|} = \frac{f/f_c}{\sqrt{1 + (f/f_c)^2}}$$

- ◆ 신호가 DC($f=0$) : 이득=0
- ◆ 차단주파수 : 이득= $1/\sqrt{2}=0.707$
- ◆ 주파수가 무한대 : 이득=1



고역 통과 필터 이득[dB]

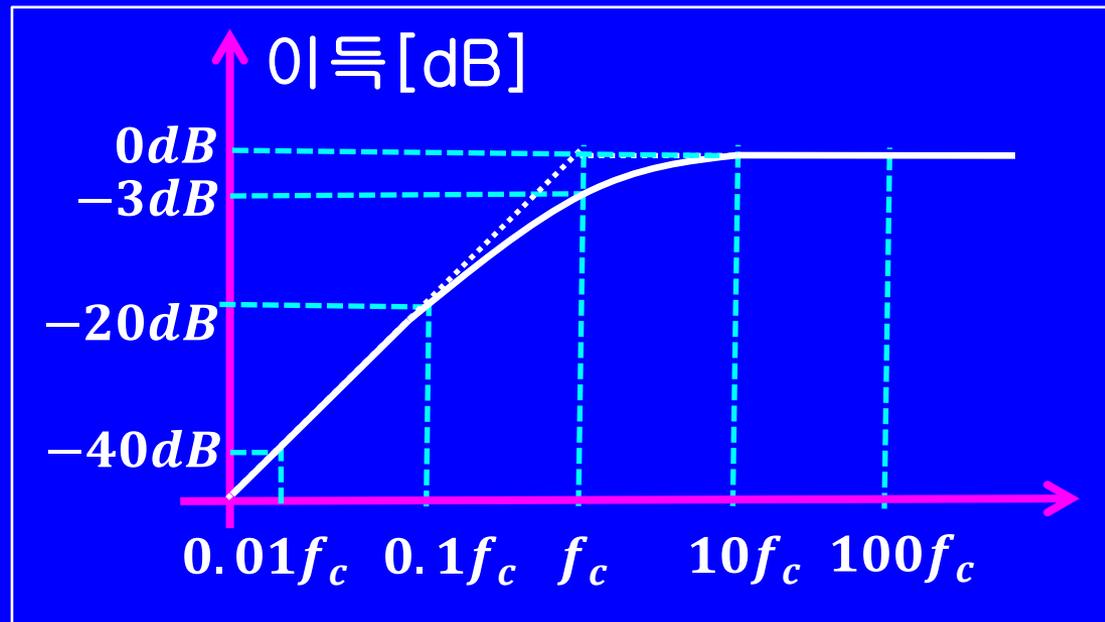
5. 고역통과필터 이득

◆ 전압 크기의 이득[dB]

$$\frac{|V_o|}{|V_i|} [dB] = 20 \log \left\{ \frac{f/f_c}{\sqrt{1 + (f/f_c)^2}} \right\}$$

◆ 주파수에 따른 이득[dB]

$f = 0$	$-\infty dB$
$f = 0.01f_c$	$-40dB$
$f = 0.1f_c$	$-20dB$
$f = f_c$	$-3dB$
$f = 10f_c$	$0dB$
$f = 100f_c$	$0dB$
$f = \infty$	$0dB$



고역 통과 필터 실험

6. 고역통과필터 실험 방법(a)

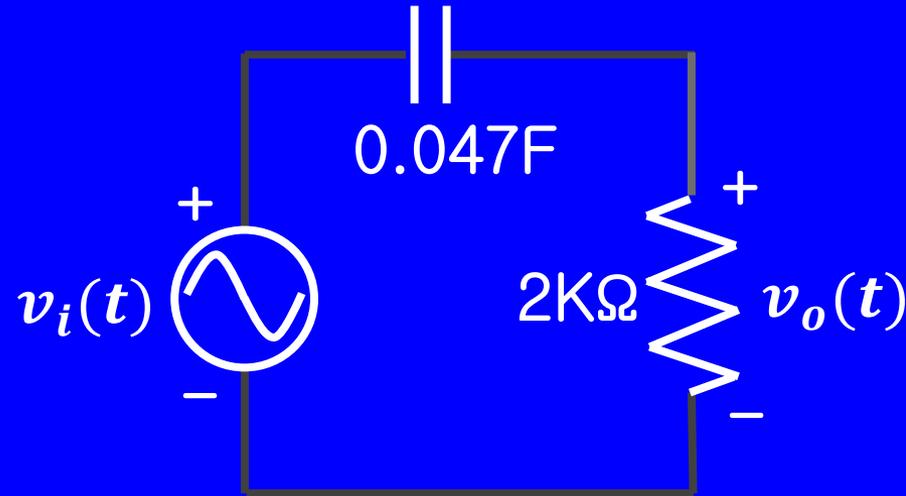
◆ 신호발생기 조정

- WAVE : Sine
- FREQ : 100Hz
- AMPL : 2Vpp
- DUTY, OFFSET : X
- MODU : X

◆ 오실로스코프 조정

- CH1 : 신호발생기 출력 OUTPUT A를 연결
- CH2 : 회로 출력을 연결
- TRIG : 신호원 CH1 선택

◆ 신호발생기의 주파수를 조정해가며 출력 전압 측정

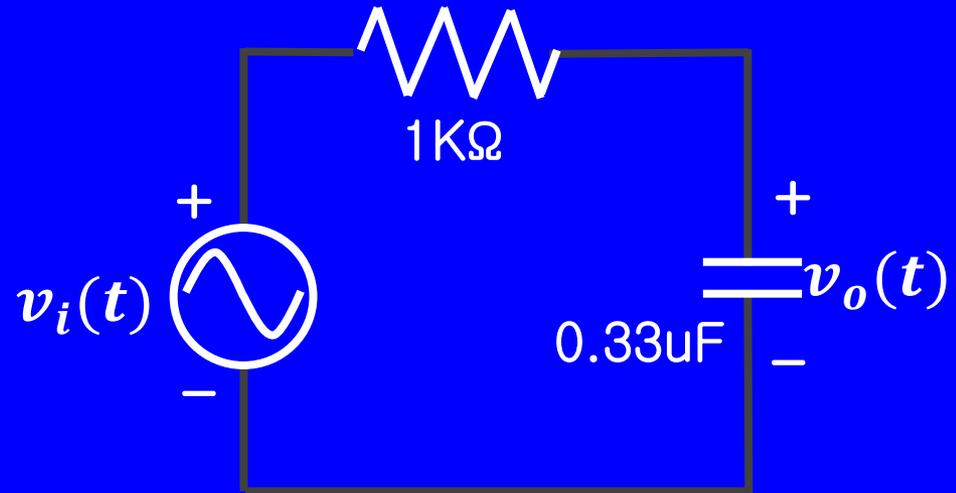


고역 통과 필터 실험

6. 고역통과필터 실험 방법(b)

◆ 신호발생기 조정(SWEEP 모드 설정)

- WAVE : Sine
- AMPL : 2Vpp
- FREQ, DUTY, OFFSET : X
- MODU 선택
- LOG 선택
- $f1 = 10\text{Hz}$
- $f2 = 100\text{KHz}$
- $tw = 20\text{ms}$
- $ts = 1\text{ms}$



고역 통과 필터 실험

6. 고역통과필터 실험 방법(b)

- ◆ 신호발생기 OUTPUT A를 회로 입력 $v_i(t)$ 에 연결
- ◆ 회로 출력 $v_o(t)$ 를 오실로스코프 CH2에 연결
- ◆ 오실로스코프 조정

- CH1 : 신호발생기 SYNC OUT 출력
- CH2 : 회로 출력
- TRIG 메뉴 선택
- 신호원 : CH1 선택

