

기초 회로 실험 - 14

Circuit Experiments

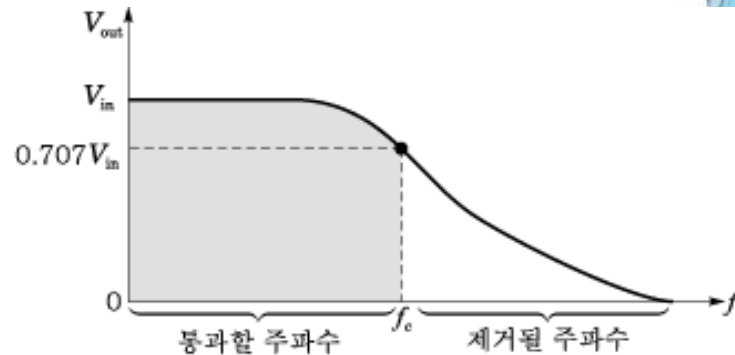
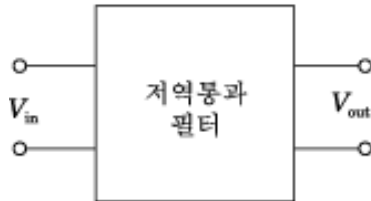
www.mokwon.ac.kr

ysunoh@mokwon.ac.kr

실험 22. 기본 필터의 특성

1. 배경이론

① LPF(low pass filter)



$$\ast \text{ dB} = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}} = 10 \log_{10} \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

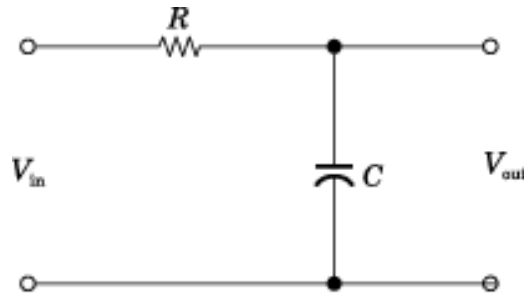
※ 임계주파수(critical frequency)

$$20 \log_{10} \frac{1}{\sqrt{2}} = -20 \times \frac{1}{2} \times 0.3010 \cong -3(\text{dB})$$

$\therefore f_c$ 에서의 크기는 최대 전압의 0.707 (3dB 주파수)

실험 22. 기본 필터의 특성

(1) R-C LPF



$X_C = R$ 일 때의 주파수를 f_C : ‘차단주파수’라 한다.

$$\rightarrow \frac{1}{2\pi fC} = R \rightarrow f_C = \frac{1}{2\pi RC} (\text{Hz})$$

$$V_{out} = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} V_{in} = \frac{R}{\sqrt{2R^2}} V_{in} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_{in} \cong 0.707 V_{in}$$

$$\therefore 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}} = 20 \log_{10} 0.707 \cong -3(\text{dB})$$

실험 22. 기본 필터의 특성

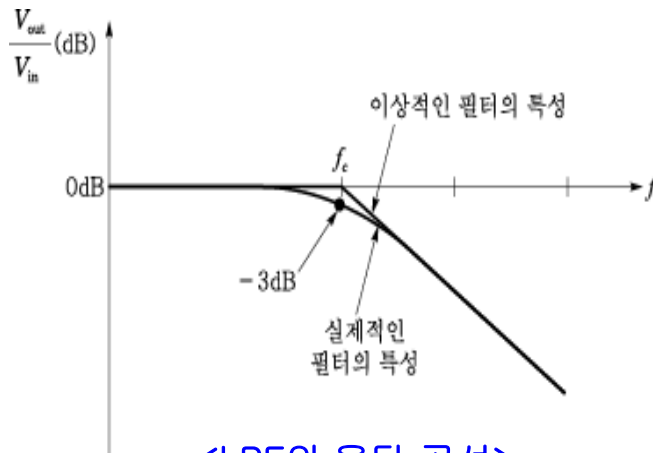
※ 감쇄율

i) $f = 10 f_c$ (decade) $\rightarrow R = 10 X_C$

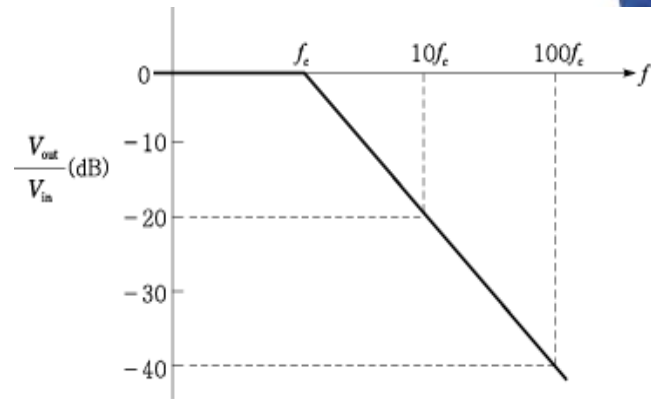
$$\Rightarrow V_{out} = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} V_{in} = \frac{X_C}{\sqrt{101 X_C^2}} V_{in} \cong \frac{1}{10} V_{in} = 0.1 V_{in}$$

$$\therefore 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}} = 20 \log_{10} 0.1 = -20(\text{dB})$$

ii) $f = 100 f_c$ 에서는 $-40(\text{dB})$ ※ $20(\text{dB/decade})$ 로 감쇄



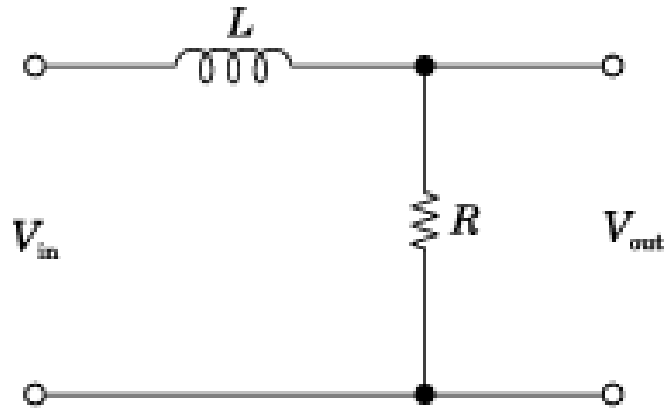
<LPF의 응답 곡선>



<Bode 선도>

실험 22. 기본 필터의 특성

(2) R-L LPF

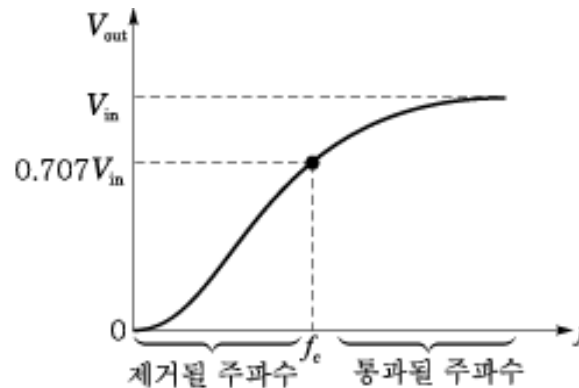
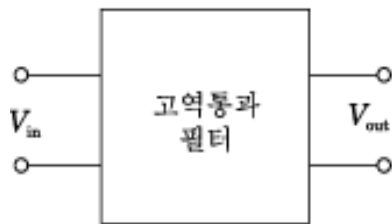


$X_L = R$ 일 때의 주파수를 차단주파수 f_c 라 한다.

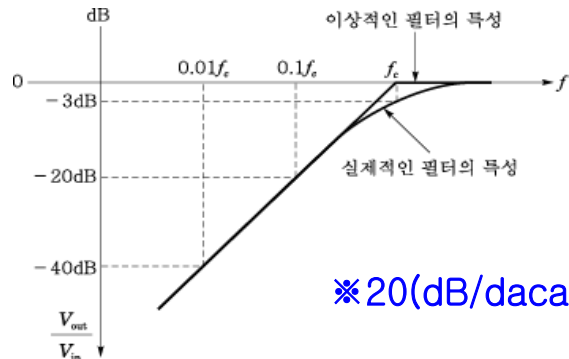
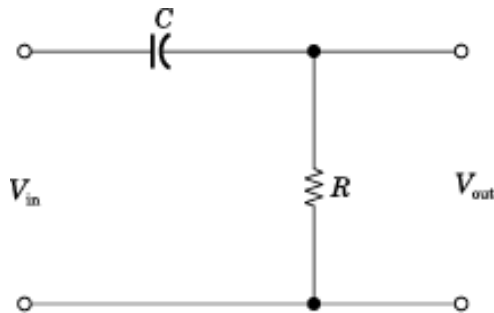
$$\Rightarrow 2\pi fL = R \rightarrow f_c = \frac{R}{2\pi L} (\text{Hz})$$

실험 22. 기본 필터의 특성

② HPF(high pass filter)



(1) R-C HPF



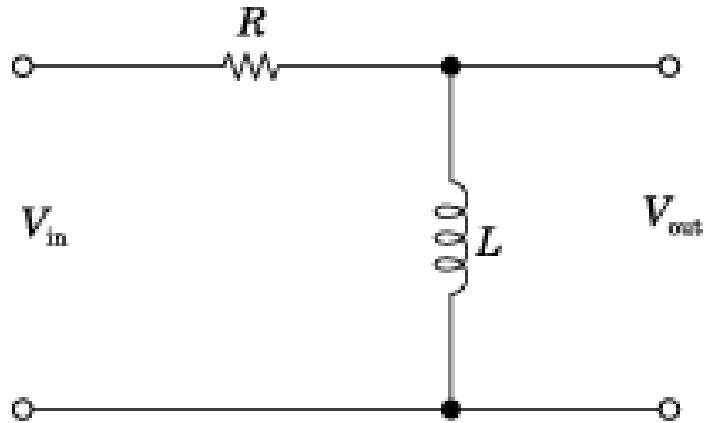
※20(dB/decade)

$X_C = R$ 일 때의 주파수를 f_c : 임계주파수라 한다

$$\rightarrow \frac{1}{2\pi fC} = R \rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi RC} \text{ (Hz)}$$

실험 22. 기본 필터의 특성

(2) R-L HPF

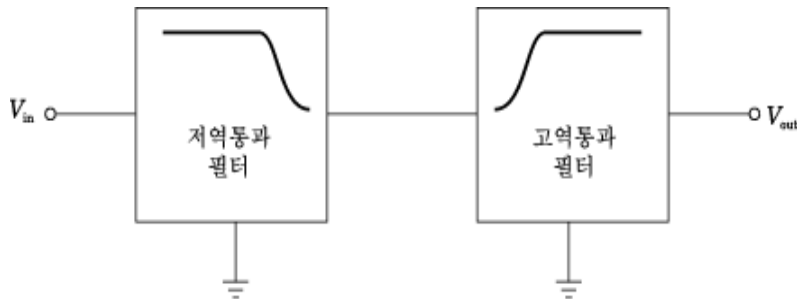
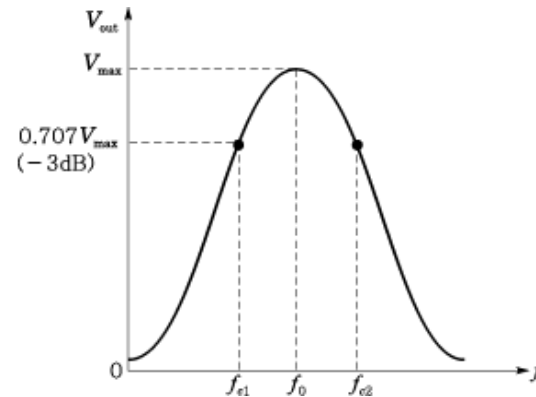
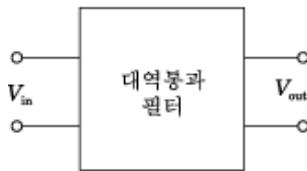


$X_L = R$ 일 때의 주파수를 f_C : 임계주파수

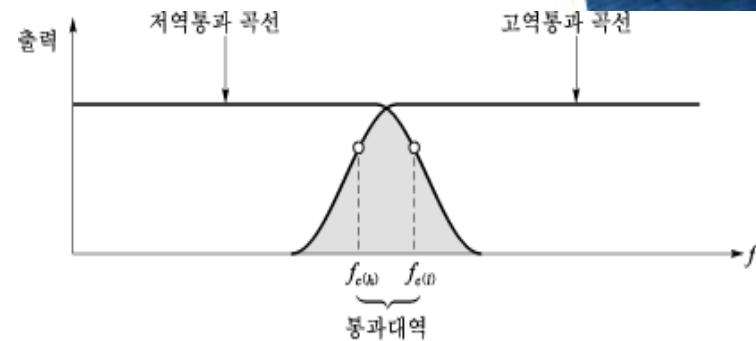
$$\rightarrow 2\pi fL = R \rightarrow f_C = \frac{R}{2\pi L} (\text{Hz})$$

실험 22. 기본 필터의 특성

③ BPF(band pass filter)



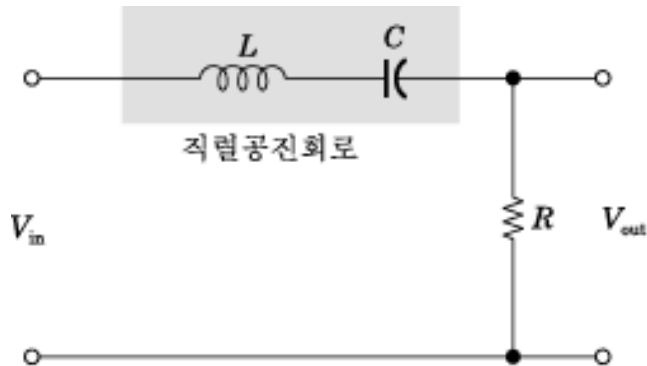
<대역 통과 필터의 원리>
LPF - HPF $\Rightarrow$ BPF



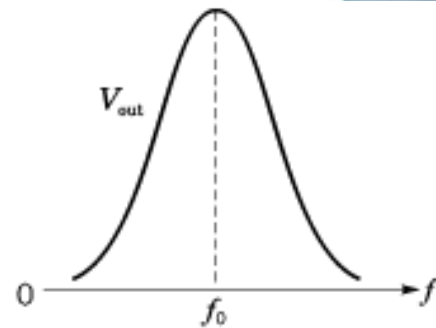
<중복 응답 특성>

실험 22. 기본 필터의 특성

(1) 직렬공진 BPF



(a) 공진회로



(b) 공진특성

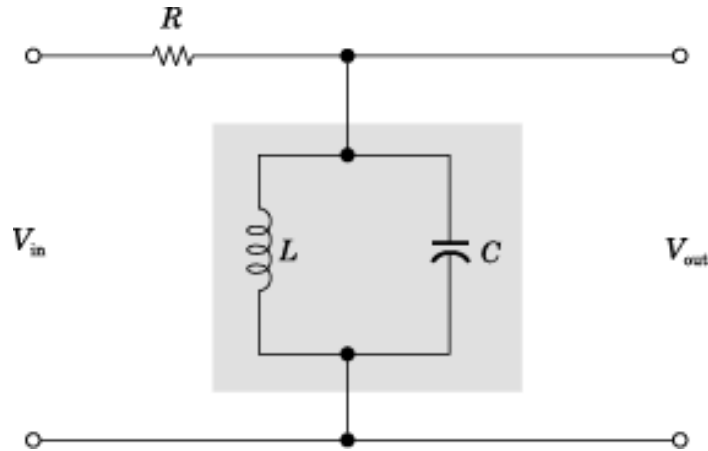
$X_L = X_C$ 일 때의 주파수를 f_0 : 공진주파수

$$\rightarrow 2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC} \rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\& BW = \frac{f_0}{Q}, \quad Q = \frac{X_L}{R} = \frac{X_C}{R}$$

실험 22. 기본 필터의 특성

(2) 병렬공진 BPF

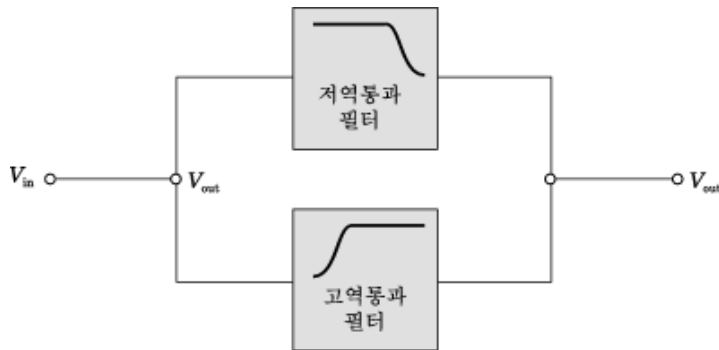
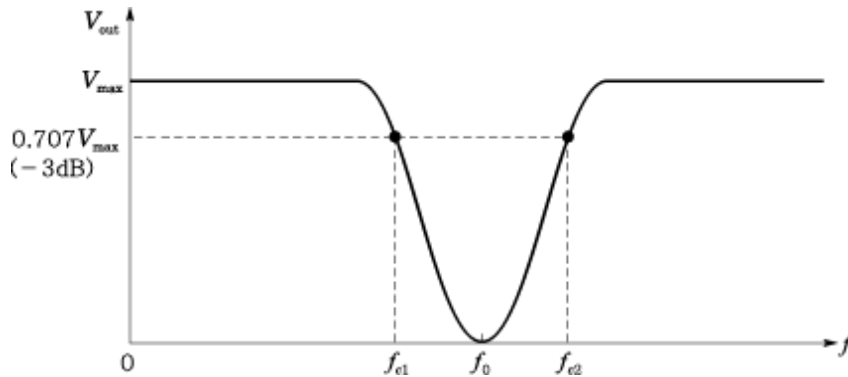


$X_L = X_C$ 일 때 공진 $\longrightarrow$ 최대의 출력 Impedance

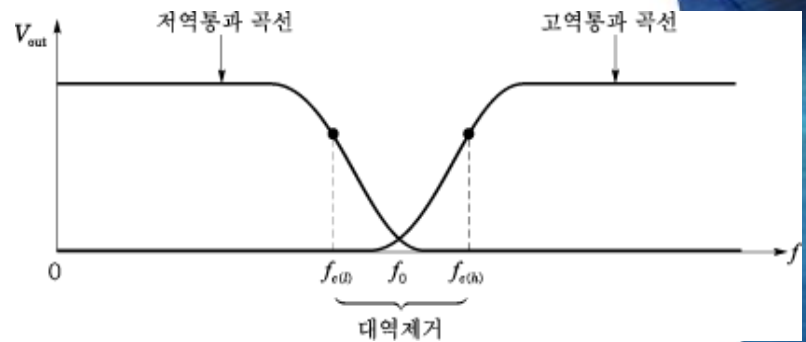
$\therefore$ 공진시 최대의 출력전압 V_{out}

실험 22. 기본 필터의 특성

④ BEF(band elimination filter)



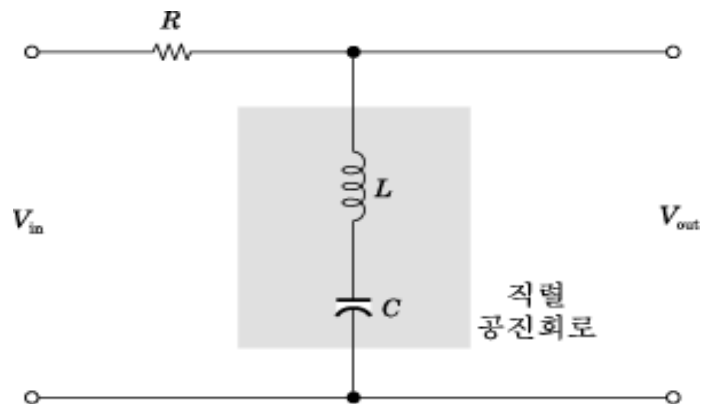
<LPF와 HPF의 상호작용>



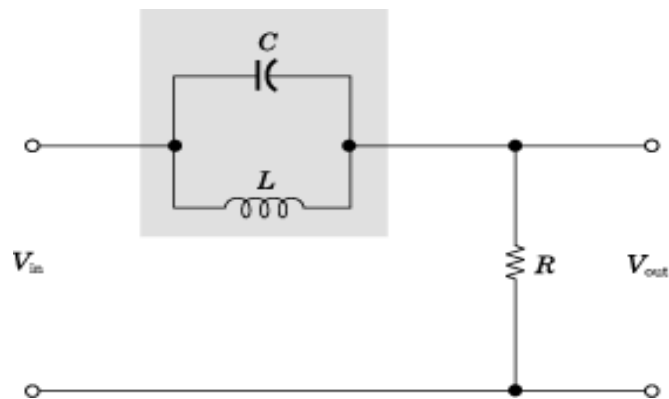
<대역 제거 곡선의 실현>

실험 22. 기본 필터의 특성

(1) 직렬공진 BEF

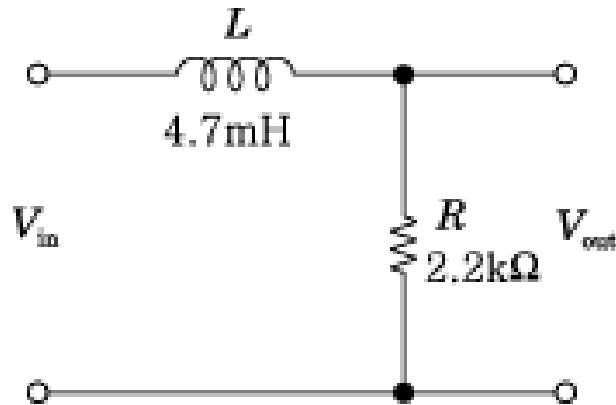


(2) 병렬공진 BPF



실험 22. 기본 필터의 특성

2. 실험- ① R-L LPF



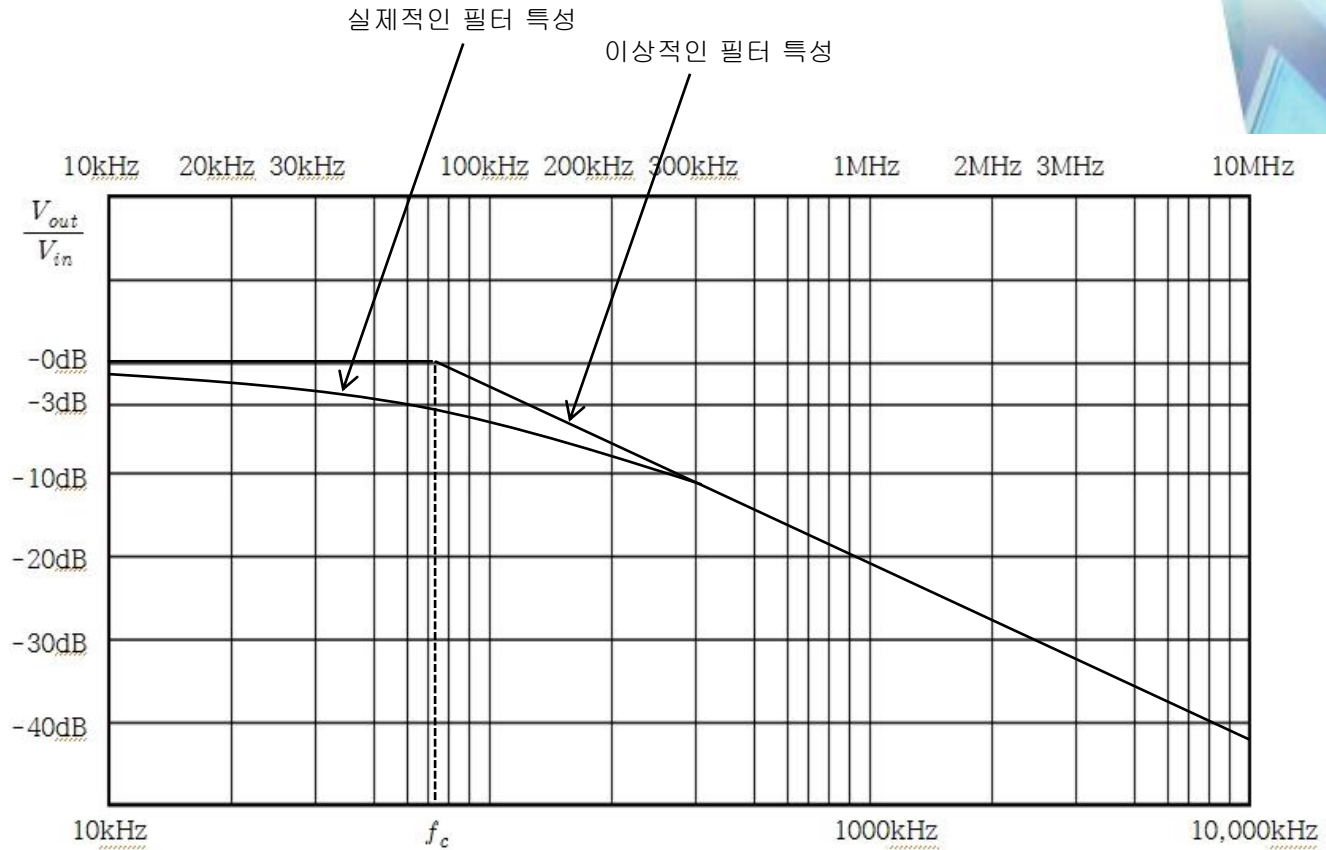
- (1) 임계주파수 계산
- (2) 임계주파수에서의 임피던스 계산
- (3) 임계주파수에서의 상대이득 계산
- (4) $f=10(\text{kHz})$ 일 때의 출력전압
- (5) 입력주파수를 변경시키면서 측정하여 <표>에 기록

실험 22. 기본 필터의 특성

주파수	입력전압 (V) (일정값유지)	출력전압($ V_R $) (실효치)		전압이득 (계산)			이득 (dB: 계산)	
		이론치 (V)	측정치 (V)	이론치 (V)	위상 ($^{\circ}$)	측정치 (V)	이론치 (dB)	측정치 (dB)
100Hz	$1.0 V_{rms}$	1.0000		1.0000	-0.0818		0.0000	
1kHz	$1.0 V_{rms}$	0.999		0.999	-0.8181		-0.00088551	
3kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9991		0.9991	-2.4530		-0.0080	
10kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9900		0.9900	-8.1269		-0.0877	
20kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9616		0.9616	-15.9393		-0.3405	
40kHz	$1.0 V_{rms}$	0.8683		0.8683	-29.7350		-1.2263	
60kHz	$1.0 V_{rms}$							
70kHz	$1.0 V_{rms}$							
80kHz	$1.0 V_{rms}$							
100kHz	$1.0 V_{rms}$	0.5736		0.5736	-54.9971		-4.8276	
200kHz	$1.0 V_{rms}$	0.3305		0.3305	-70.7028		-9.6174	
400kHz	$1.0 V_{rms}$	0.1724		0.1724	-80.0698		-15.2669	
600kHz	$1.0 V_{rms}$	0.1159		0.1159	-83.3429		-18.7163	
800kHz	$1.0 V_{rms}$	0.0872		0.0872	-84.9974		-21.1895	
1000kHz	$1.0 V_{rms}$	0.0699		0.0699	-85.9942		-23.1158	
1500kHz	$1.0 V_{rms}$	0.0466		0.0466	-87.3271		-26.6258	
2000kHz	$1.0 V_{rms}$	0.0350		0.0350	-87.9947		-29.1205	

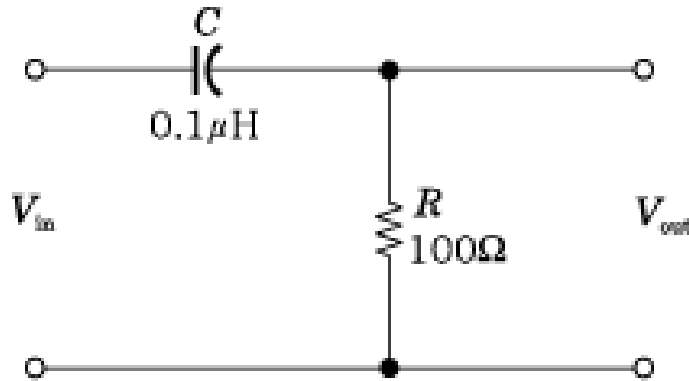
<표 22.1>

실험 22. 기본 필터의 특성



실험 22. 기본 필터의 특성

2. 실험- ② R - C HPF

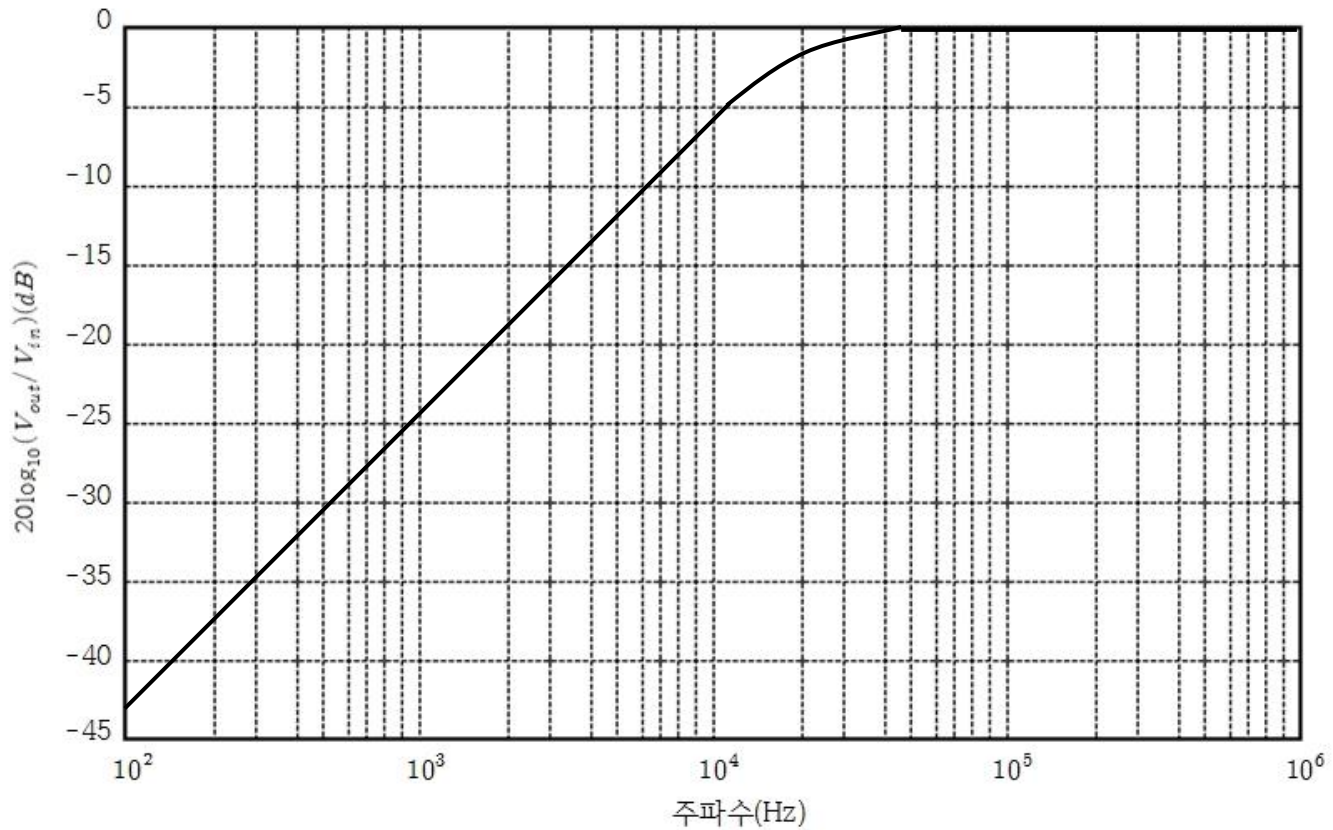


- (1) 임계주파수 계산
- (2) 임계주파수에서의 임피던스 계산
- (3) 임계주파수에서의 상대이득 계산
- (4) $f=10(\text{kHz})$ 일 때의 출력전압
- (5) 입력주파수를 변경시키면서 측정하여 <표>에 기록

실험 22. 기본 필터의 특성

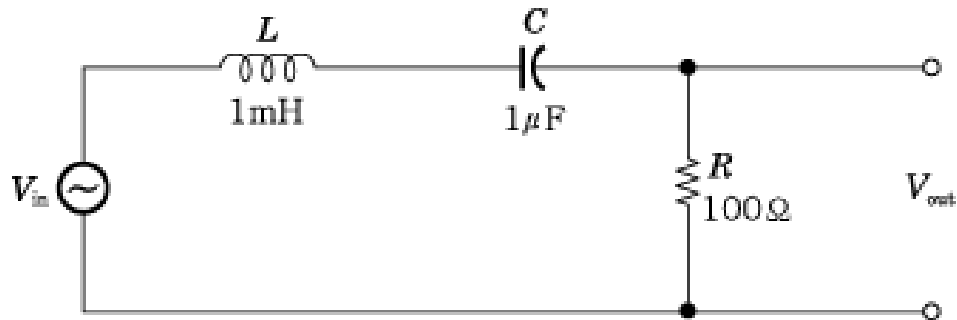
주파수	입력전압 (V) (일정값유지)	출력전압($ V_R $) (실효치)		전압이득 (계산)			이득 (dB: 계산)	
		이론치 (V)	측정치 (V)	이론치 (V)	위상 ($^{\circ}$)	측정치 (V)	이론치 (dB)	측정치 (dB)
100Hz	$1.0 V_{rms}$	0.0063		0.0063	89.6400		-44.0366	
500Hz	$1.0 V_{rms}$	0.0314		0.0314	88.2006		-30.0613	
1kHz	$1.0 V_{rms}$	0.0627		0.0627	86.4047		-24.0535	
4kHz	$1.0 V_{rms}$							
8kHz	$1.0 V_{rms}$	0.4491		0.4491	63.313		-6.9529	
12kHz	$1.0 V_{rms}$	0.6020		0.6020	52.9844		-4.4076	
14kHz	$1.0 V_{rms}$							
16kHz	$1.0 V_{rms}$							
20kHz	$1.0 V_{rms}$							
40kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9292		0.9292	21.6970		-0.6383	
80kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9808		0.9808	11.2517		-0.1686	
100kHz	$1.0 V_{rms}$							
500kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9995		0.9995	1.8232		-0.0044	
1000kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9999		0.9999	0.9118		-0.0011	

실험 22. 기본 필터의 특성



실험 22. 기본 필터의 특성

2. 실험- ③ 직렬공진 BPF



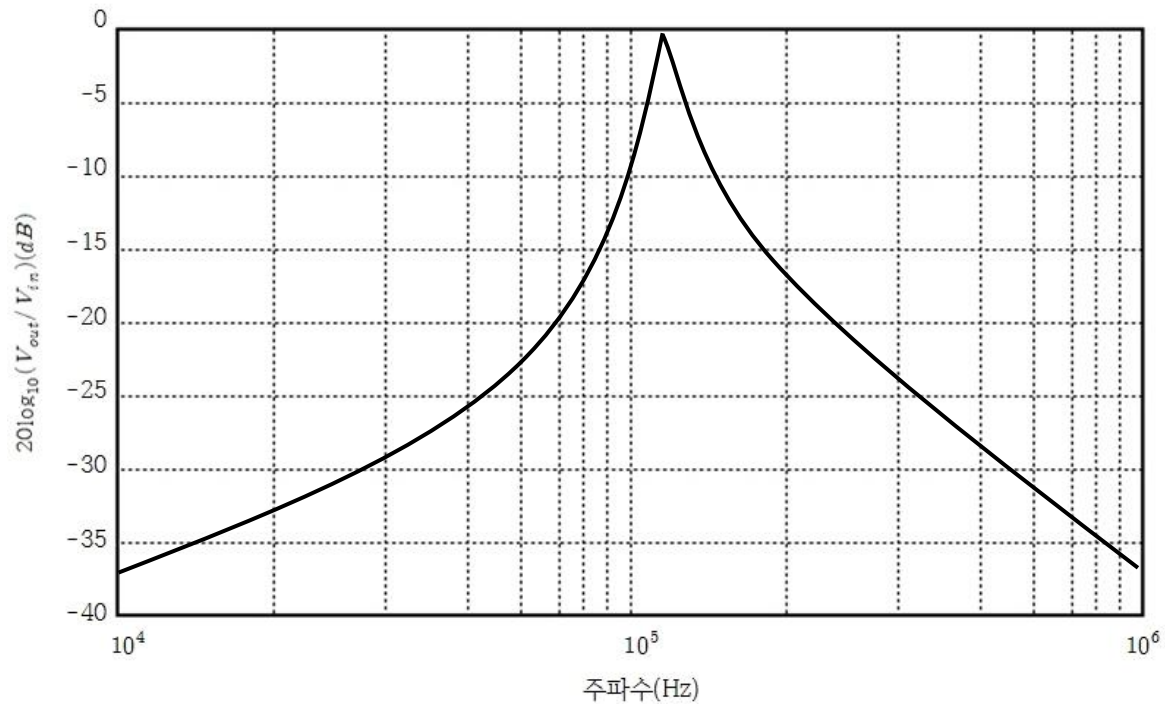
- (1) 중심주파수(center freq.) 계산 - 공진주파수(f_r)
- (2) 대역폭(BW) 계산
- (3) 두 개의 차단주파수 (f_{c1} , f_{c2}) 계산
- (4) $f=10$ (kHz)일 때의 출력전압
- (5) 입력주파수를 변경시키면서 측정하여 <표>에 기록

실험 22. 기본 필터의 특성

주파수	입력전압 (V) (일정값유지)	출력전압($ V_R $) (실험치)		전압이득 (계산)			이득 (dB: 계산)	
		이론치 (V)	측정치 (V)	이론치 (V)	위상 ($^{\circ}$)	측정치 (V)	이론치 (dB)	측정치 (dB)
10kHz	$1.0 V_{rms}$	0.0127		0.0127	89.2743		-37.9746	
40kHz	$1.0 V_{rms}$	0.0574		0.0574	86.7072		-24.8159	
80kHz	$1.0 V_{rms}$	0.1992		0.1992	78.5125		-14.0162	
95kHz	$1.0 V_{rms}$	0.3836		0.3836	67.4440		-8.3227	
105kHz	$1.0 V_{rms}$							
112kHz	$1.0 V_{rms}$							
115kHz	$1.0 V_{rms}$							
118kHz	$1.0 V_{rms}$							
120kHz	$1.0 V_{rms}$							
130kHz	$1.0 V_{rms}$	0.4390		0.4390	-63.9613		-7.1512	
150kHz	$1.0 V_{rms}$	0.2359		0.2359	-76.3559		-12.5458	
200kHz	$1.0 V_{rms}$	0.1157		0.1157	-83.3579		-18.7358	
300kHz	$1.0 V_{rms}$	0.0616		0.0616	-86.4670		-24.2052	
500kHz	$1.0 V_{rms}$	0.0335		0.0335	-88.0796		-29.4963	
1000kHz	$1.0 V_{rms}$	0.0161		0.0161	-89.0765		-35.8540	

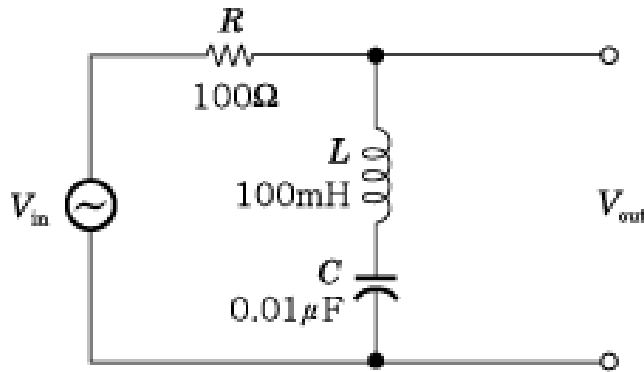
<표 22.3>

실험 22. 기본 필터의 특성



실험 22. 기본 필터의 특성

2. 실험- ④ 직렬공진 BEF



- (1) 중심주파수(center freq.) 계산 - 공진주파수(f_r)
- (2) 대역폭(BW) 계산
- (3) 두 개의 차단주파수 (f_{c1} , f_{c2}) 계산
- (4) $f=10(\text{kHz})$ 일 때의 출력전압
- (5) 입력주파수를 변경시키면서 측정하여 <표>에 기록

실험 22. 기본 필터의 특성

주파수	입력전압 (V) (일정값유지)	출력전압($ V_R $) (실험치)		전압이득 (계산)			이득 (dB: 계산)	
		이론치 (V)	측정치 (V)	이론치 (V)	위상 ($^{\circ}$)	측정치 (V)	이론치 (dB)	측정치 (dB)
4kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9977		0.9977	-3.9033		-0.0202	
4.4kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9932		0.9932	-6.6899		-0.0593	
4.6kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9849		0.9849	-9.9570		-0.1318	
4.7kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9744		0.9744	-12.9991		-0.2255	
4.8kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9486		0.9486	-18.4465		-0.4582	
4.9kHz	$1.0 V_{rms}$	0.8610		0.8610	-30.5691		-1.2998	
4.94kHz	$1.0 V_{rms}$	0.7625		0.7625	-40.3119		-2.3548	
4.95kHz	$1.0 V_{rms}$							
4.98kHz	$1.0 V_{rms}$							
5.0kHz	$1.0 V_{rms}$							
5.03kHz	$1.0 V_{rms}$							
5.04kHz	$1.0 V_{rms}$							
5.05kHz	$1.0 V_{rms}$	0.2095		0.2095	77.9069		-13.5763	
5.08kHz	$1.0 V_{rms}$	0.5074		0.5074	59.5075		-5.8926	
5.1kHz	$1.0 V_{rms}$	0.6420		0.6420	50.0574		-3.8490	
5.12kHz	$1.0 V_{rms}$							
5.13kHz	$1.0 V_{rms}$	0.7704		0.7704	39.6095		-2.2656	
5.16kHz	$1.0 V_{rms}$	0.8446		0.8446	32.3752		-1.4674	
5.2kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9001		0.9001	25.5299		-0.9143	
5.3kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9563		0.9563	16.9961		-0.3879	
5.6kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9893		0.9893	8.4082		-0.0939	
6kHz	$1.0 V_{rms}$	0.9960		0.9960	5.1143		-0.0346	

<표 22.4>

ysunoh@mokwon.ac.kr

실험 22. 기본 필터의 특성

