

Filter 회로

회로의 구조 및 소자들의 값에 따라 회로를 통과할 수 있는 신호의 주파수가 제한되는 회로를 필터(Filter) 회로라 한다. 이러한 필터회로들이 어떠한 주파수 범위의 신호를 통과시키고 차단시키는가에 따라 필터회로들은 저역통과 필터(Low Pass Filter), 고역통과필터(High Pass Filter), 대역통과 필터(Band Pass Filter), 대역차단필터(Band Rejection Filter), 전대역 통과필터(All Pass Filter)로 구분되어진다.

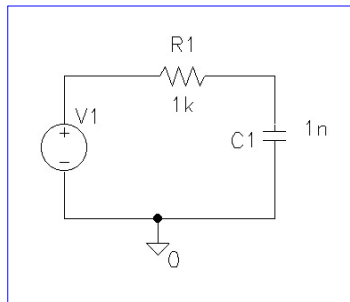
■ Passive Filters

증폭기와 같은 능동(Active)소자를 사용하지 않고 단지 수동(Passive)소자들로 이루어져 있으므로 Passive Filter라 한다. Passive Filter는 R, L, C 소자들을 이용하여 구성되므로 주파수 특성이 우수하나 회로의 앞 또는 뒤에 연결되는 회로의 영향에 민감한 단점을 가지고 있다.

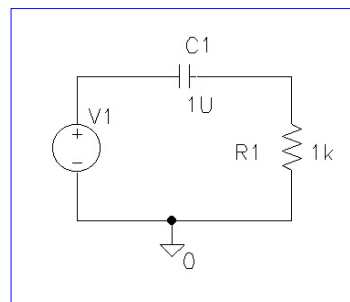
Simple RC Filter

■ 회로개요

필터회로의 가장 간단한 예로써 다음에 나타낸 RC 회로를 들 수 있다. R 및 C 소자들의 위치 및 구조에 따라 Filter회로는 위에서 언급한 특성들을 가질 수 있다.



Filter 1



Filter 2

■ 문제

1. Filter 1의 주파수 특성을 AC 해석을 이용하여 구하시오.

2. Filter 1의 차단주파수를 정의하시오.
3. Filter 2에 대해 문제 1, 2를 반복하시오

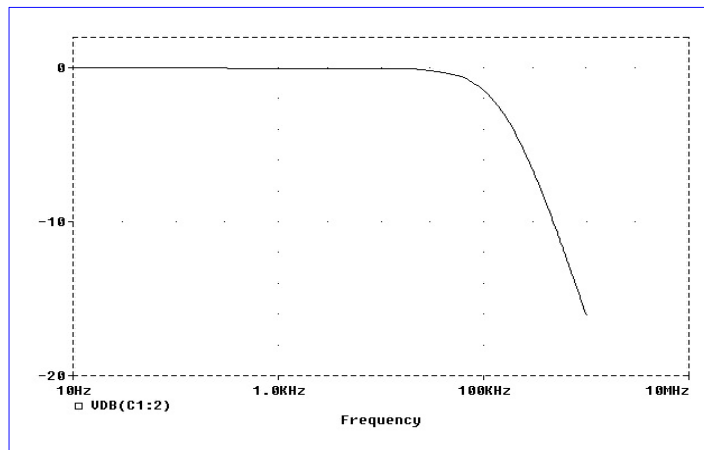
■ 시뮬레이션 조건

위 회로의 시뮬레이션을 위해서는 전원으로 사용되는 V1을 AC=1로 설정하여 항상 일정한 크기를 공급할 수 있도록 하여 AC sweep을 하여야 한다.

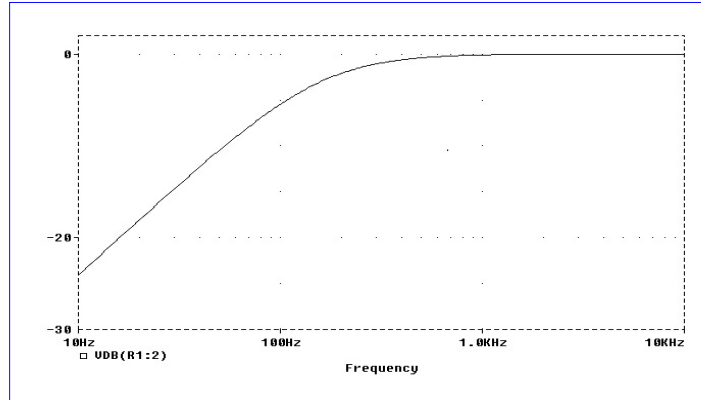
■ 시뮬레이션 결과

아래 시뮬레이션 결과에서 나타난 것과 같이 Passive RC Low Pass Filter는 차단주파수 이하의 주파수를 지닌 신호는 그대로 통과하여 출력되나 그 이상의 주파수에서는 신호의 크기가 감쇄되어 출력됨을 알 수 있다. 또한 Passive RC High Pass Filter에서는 Low Pass Filter와는 반대로 차단주파수 이하의 신호는 감쇄되나 그 이상의 주파수 신호는 그대로 통과함을 알 수 있다. 이 때 두 회로의 차단주파수 f_c 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$



Filter 1의 주파수 응답

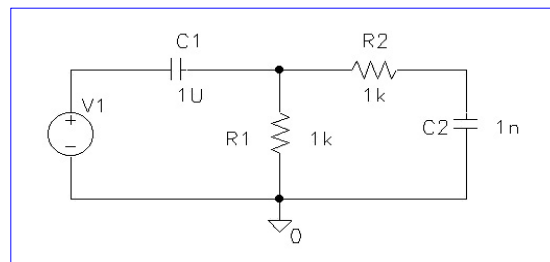


Filter 2의 주파수 응답

Band Pass Filter

회로개요

다음 회로는 17.5.1에서 언급한 RC Low Pass Filter와 RC High Pass Filter를 직렬연결하여 구성한 Passive Band Pass Filter이다. 이 회로는 RC Low Pass Filter와 RC High Pass Filter의 차단 주파수에 의해 특정영역의 주파수를 지닌 신호만을 통과시키고 나머지 신호는 차단하는 회로이다.



문제

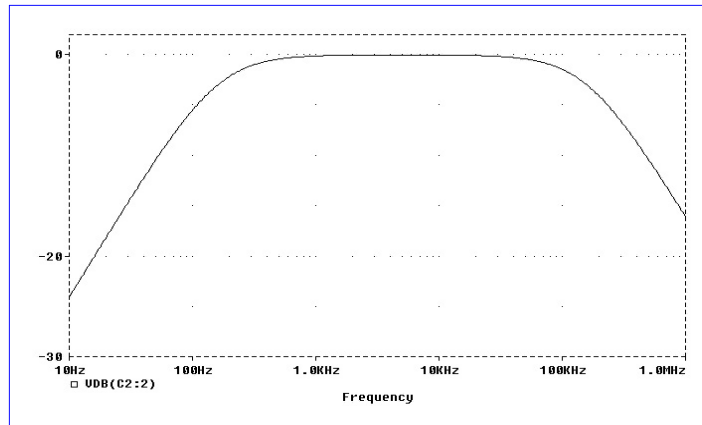
1. 위 회로의 주파수특성을 AC 해석을 이용하여 검증하시오.
2. 위 회로가 Band Pass Filter로 동작할 조건을 정의하시오.
3. 위 회로의 bandwidth를 구하시오

시뮬레이션 조건

주파수 특성을 고찰하기 위해서는 AC 해석을 이용하여야 한다. 특히 Band Pass Filter의 경우에는 각각의 차단 주파수의 관계에 대해 유의하여야 한다.

■ 시뮬레이션 결과

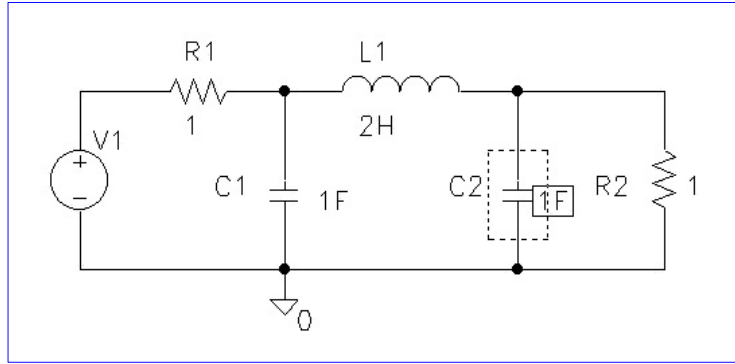
위 회로가 Band Pass Filter로 동작하기 위해서는 R2 및 C2로 구성되는 Low Pass Filter의 차단주파수 f_{CL} 이 C1 및 R1으로 구성되는 High Pass Filter의 차단주파수 f_{CH} 보다 높게 설정되어야 한다. 위 회로에서는 f_{CL} 이 upper Half power frequency로 치환되며 f_{CH} 는 Lower Half power frequency로 변환되므로 Band Pass Filter로 동작함을 알 수 있다.



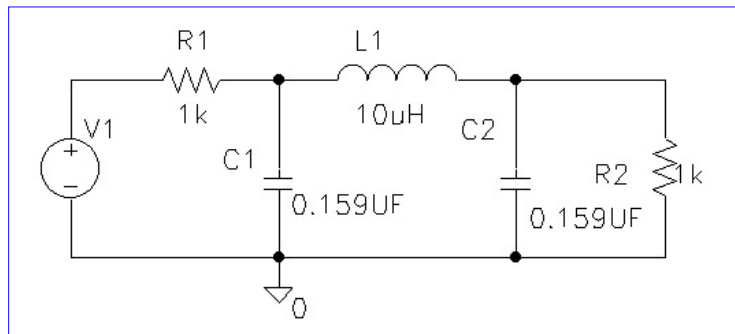
LC Low Pass Filter

■ 회로개요

이 회로는 LC Low Pass Filter의 구조를 나타내고 있다. 이 회로는 문제 17.5.1에서 제시된 Low Pass Filter와 같은 동작을 하는 회로이나 단순한 RC로 구성된 회로에 비해 차단주파수 이후의 신호를 급격히 감쇄시킬 수 있는 장점을 가진다. 이러한 회로의 설계는 Normalize된 회로를 이용하여 구할 수 있다. Normalize된 회로는 그 값들이 비현실적이기는 하나 회로의 전달함수를 구하기에 용이한 값들을 가지고 있으며 차단주파수는 1 rad/sec에 설정되어 있다. 이 회로를 이용하여 설계사양으로 설정된 차단주파수를 가지도록 하기 위해서는 scaling factor를 이용하여 소자들의 값들을 변환하여야 한다.



Normaize된 회로



특정주파수의 차단주파수를 가지도록 Denormalized된 회로

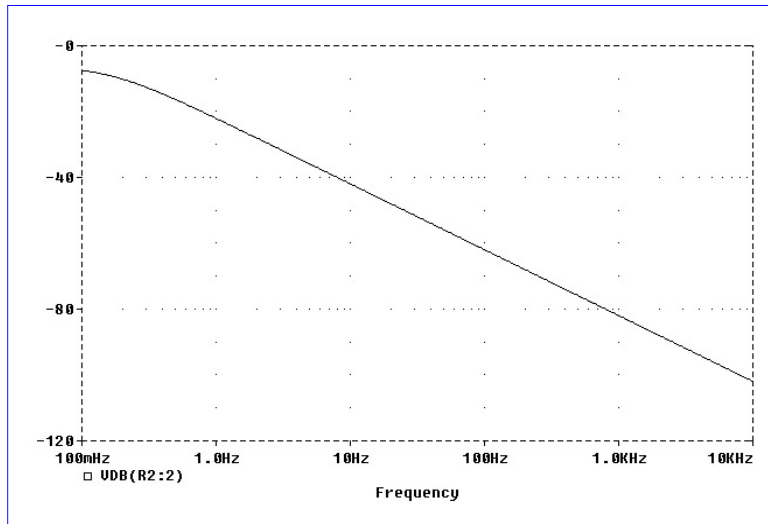
■ 문제

1. 그림 1 회로의 주파수특성을 검증하고 차단주파수를 정의하시오.
2. 그림 2 회로에 대해 문제 1을 반복하시오.

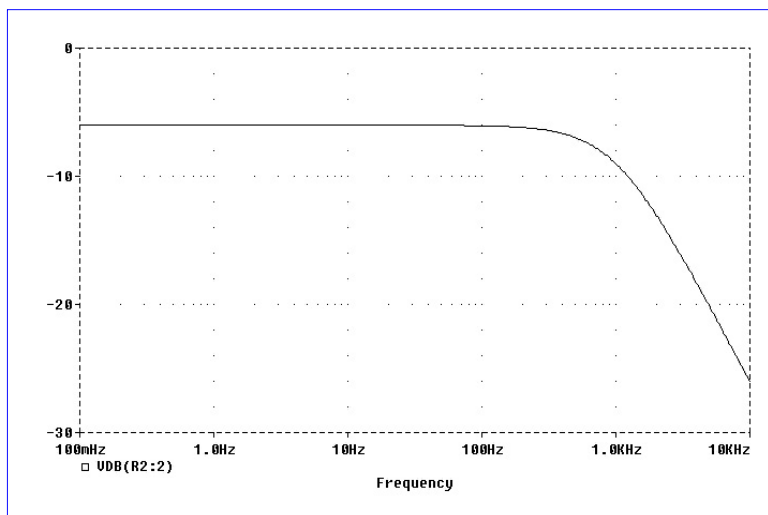
■ 시뮬레이션 조건

위 회로 또한 AC 해석을 이용하여 검증할 수 있다. 이 때 차단주파수를 검증하기 위해서는 Design Center의 Cursor기능을 이용하면 편리하다.

■ 시뮬레이션 결과



Normalize된 회로의 주파수 특성



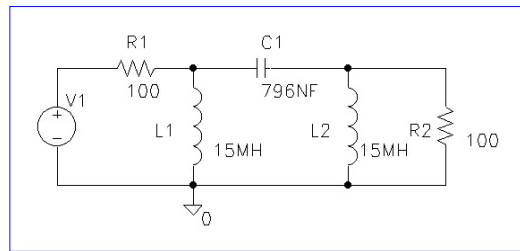
Denormalize된 회로의 주파수 특성

LC High Pass Filter

■ 회로개요

아래의 회로는 17.5.3의 Normalized LC Low Pass Filter의 구조를 변화시켜 구성한 LC High Pass Filter이다. 이러한 High Pass Filter는 Low Pass Filter의 비교해 볼 때 L과 C의 위치가 바뀌어져 있는 형태를 가지고 있다. 특정주파수의 차단주파수를 가지는 회로로의 변환은 Low Pass Filter

설계의 경우와 동일하다.



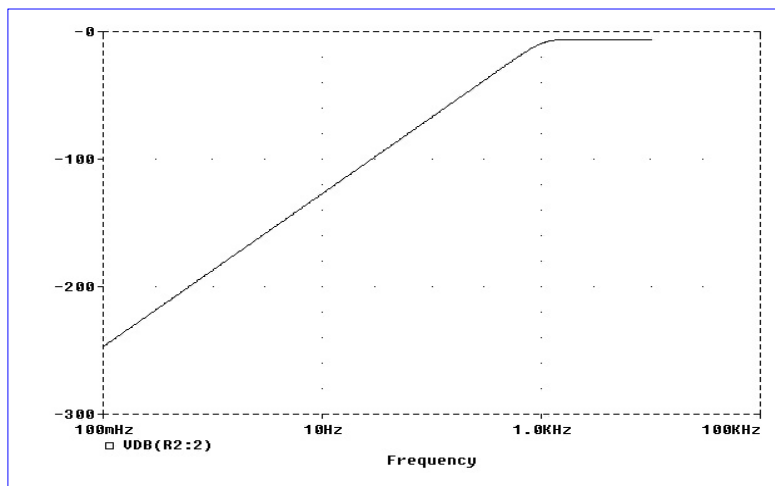
■ 문제

1. 회로의 주파수특성을 검증하고 차단주파수를 정의하시오.

■ 시뮬레이션 조건

AC sweep 해석을 통하여 회로의 주파수 특성을 검증할 수 있다. 필터의 차단주파수는 최대이득보다 3dB 적은 주파수를 의미한다.

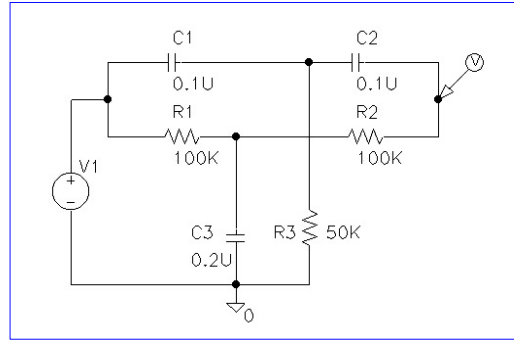
■ 시뮬레이션 결과



Band Rejection Filter

■ 회로개요

이 회로는 Twin-T-Filter로 알려진 Band Rejection Filter이다. Band Rejection Filter는 Band Pass Filter와는 반대로 특정영역의 주파수를 차단하여 출력하는 회로이다.



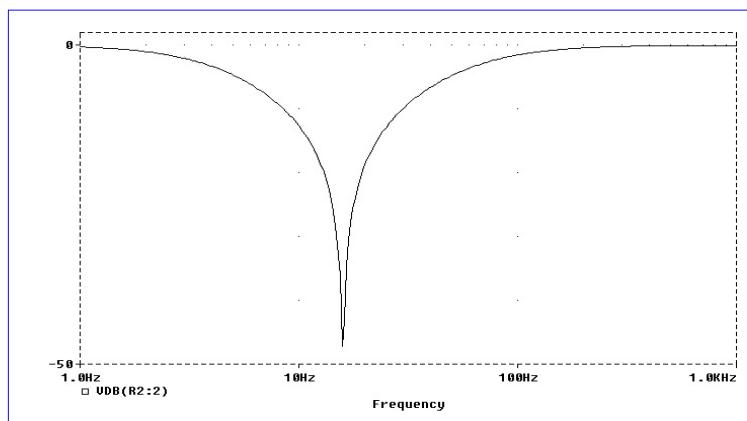
■ 문제

1. 위 회로의 차단대역을 검증하시오.

■ 시뮬레이션 조건

회로의 주파수 특성을 검증하기 위해서는 전압원 V1의 크기를 AC=1로 정의한다. AC Sweep 해석을 통하여 회로의 주파수 특성을 검증할 경우 주파수변화는 decade 형태로 정의함이 편리하다.

■ 시뮬레이션 결과



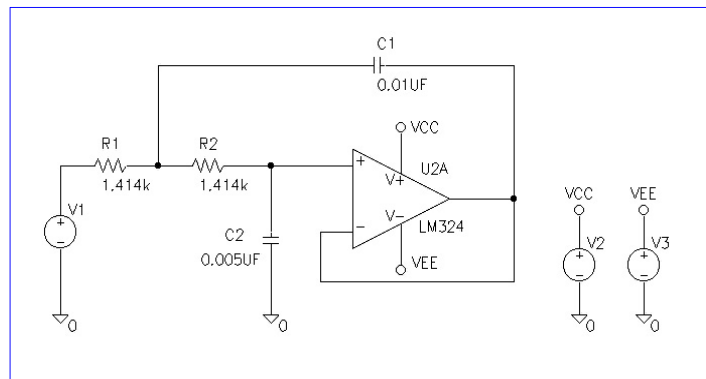
Active Filters

Active Filter는 Passive Filter와는 달리 OP amp를 이용하여 회로를 구성한다. Passive Filter는 Passive 소자들만으로 구성되어 있어 필터의 차단주파수가 필터전단 또는 후단의 회로에 영향을 받기 쉬우며 신호의 증폭이 어렵다. 이에 반해 Active Filter는 사용되는 OP amp의 응용에 따라 회로 후단의 영향을 차단할 수 있고, Pass Band에 해당되는 신호의 크기를 증폭하여 출력할 수 있다. 그러나 고주파의 신호에 있어서 사용되는 OP amp의 내부특성에 의해 Filter 회로의 성능이 제한되는 단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 Active Filter의 설계에서는 사용되는 OP amp의 선정에 주의하여야 한다.

A Second Order Butterworth Type Low Pass Filter

■ 회로개요

다음 회로는 Second Order Butterworth Type Active Low Pass Filter의 구조를 나타내고 있다. 이를 이용하여 10kHz에서 차단주파수로 가지는 필터회로를 설계하였을 경우 각 소자들의 값들은 다음과 같이 결정된다.



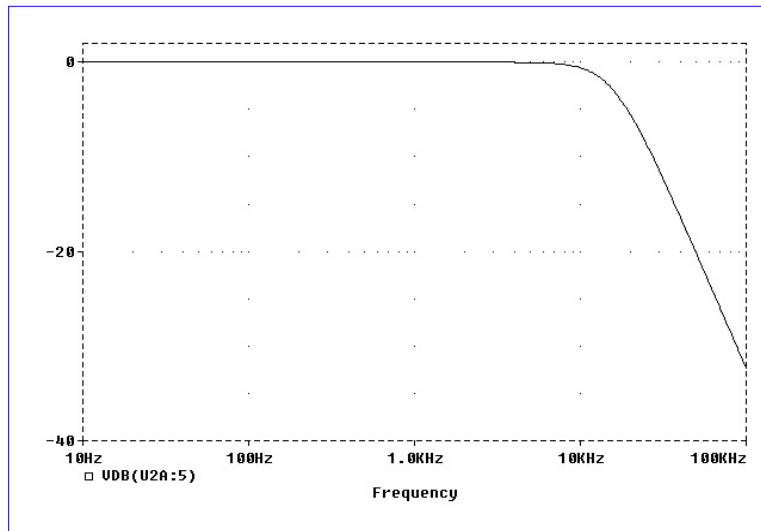
■ 문제

1. 위 회로의 주파수 특성을 AC 해석을 통하여 검증하시오
2. 위 회로의 차단주파수를 개요에서 제시한 값과 일치하는가를 검증하시오.

■ 시뮬레이션 조건

사용되는 OP amp : LM324, 공급전원 : $\pm 5V$

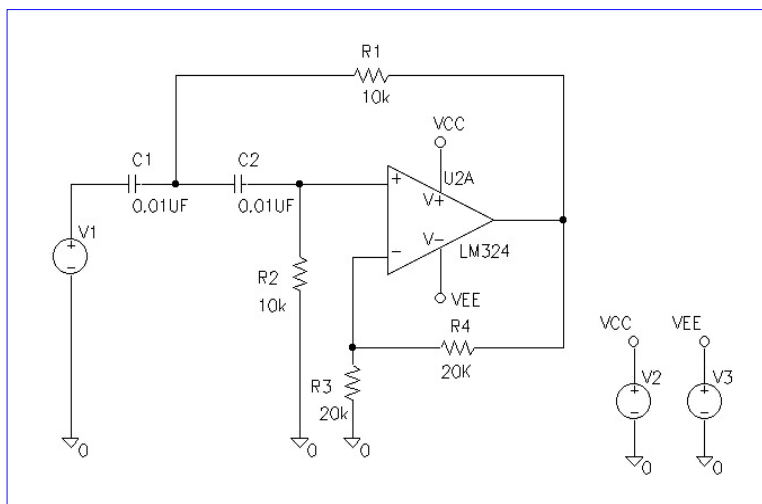
■ 시뮬레이션 결과



A Second Order VCVS High Pass Filter

■ 회로개요

다음 회로는 Second Order VCVS High Pass Filter 회로이다. VCVS High Pass Filter는 noninverting gain을 가질 수 있는 필터의 한 구조로써 구성소자의 갯수가 작고 출력저항이 낮으며 차단주파수 등을 쉽게 조정할 수 있는 장점을 가지는 구조이다.



■ 문제

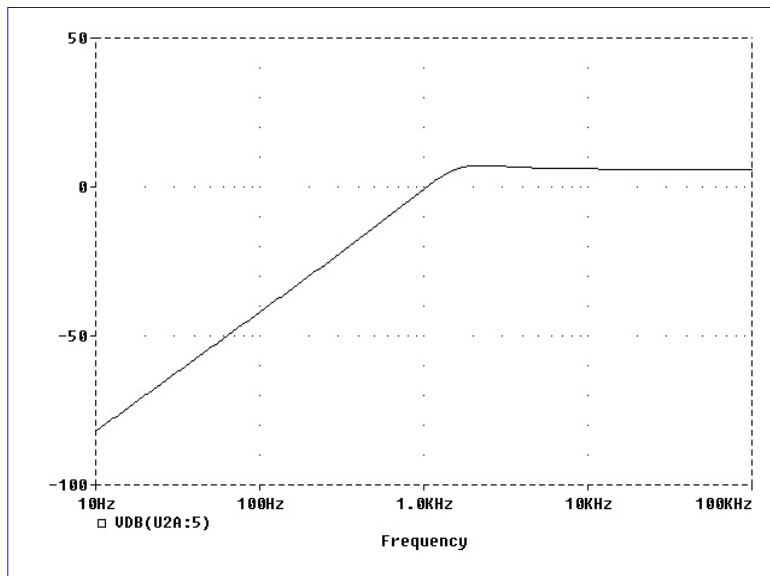
1. 위 회로의 차단주파수를 AC 해석을 통하여 구하시오
2. 위 회로의 gain을 구하시오

■ 시뮬레이션 조건

사용되는 OP amp : LM324

공급전원 : $\pm 5V$

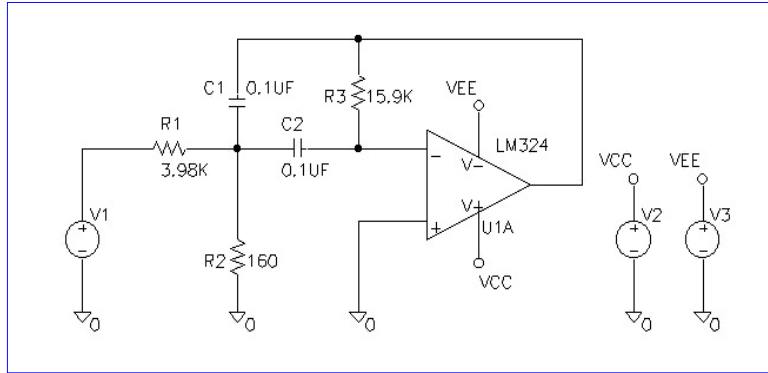
■ 시뮬레이션 결과



A Second Order Infinite-Gain MFB Band Pass Filter

■ 회로개요

다음 회로는 Second Order Infinite-Gain MFB Band Pass Filter의 구조를 나타내고 있다. 이 회로는 inverting gain을 가지며 구성소자가 적고 Q의 값을 10GTH 정도까지 가질 수 있게 설계할 수 있는 장점이 있다.



■ 문제

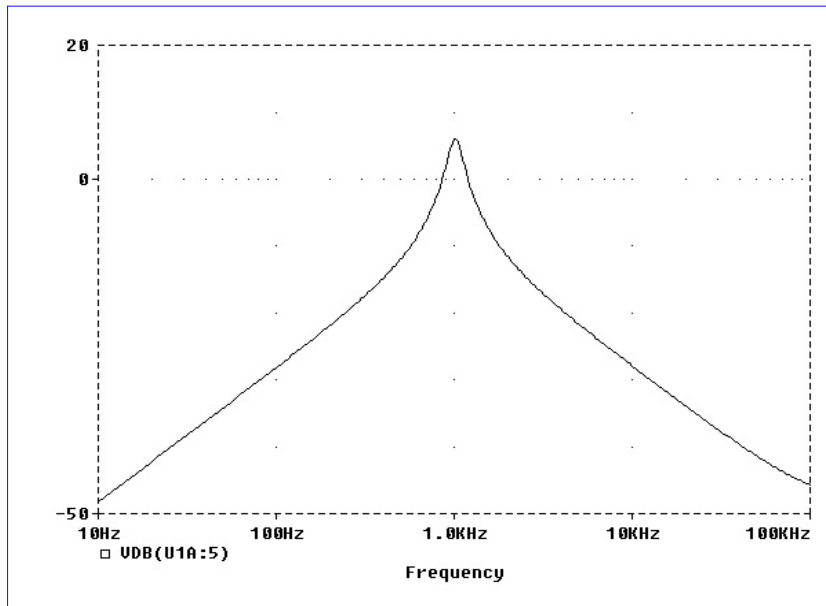
1. 위 회로의 주파수 특성을 AC 해석을 이용하여 검증하시오.
2. 위 회로의 Center frequency를 구하시오,
3. 위 회로의 Pass band에서의 입력 대 출력의 gain을 구하시오.

■ 시뮬레이션 조건

사용되는 OP amp : LM324,

공급전원 : $\pm 5V$

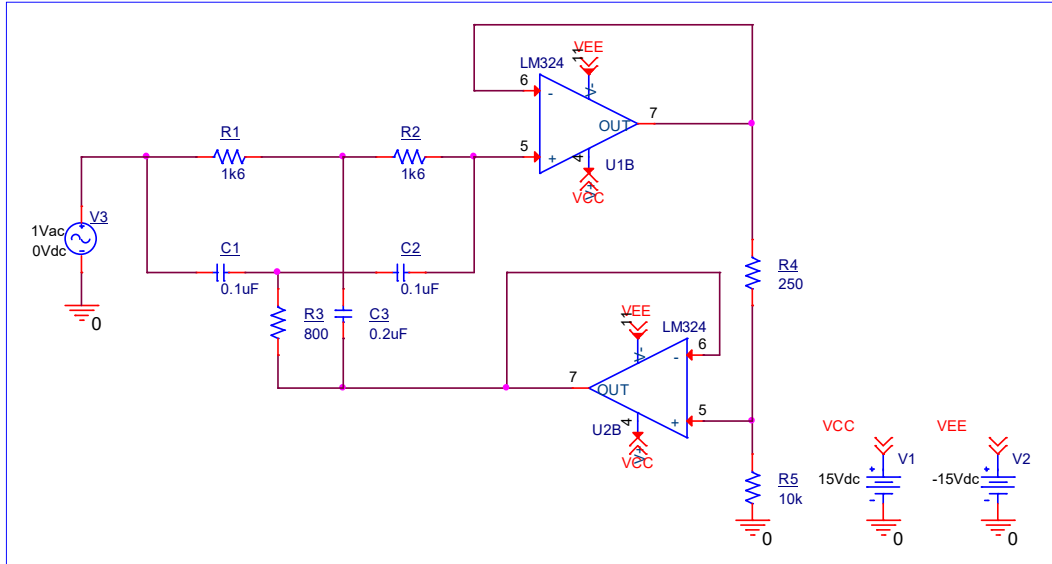
■ 시뮬레이션 결과



A Second Order Infinite-Gain MFB Band Rejection Filter

■ 회로개요

다음 회로는 Second Order Infinite-Gain MFB Band Rejection Filter의 구조를 나타내고 있다.



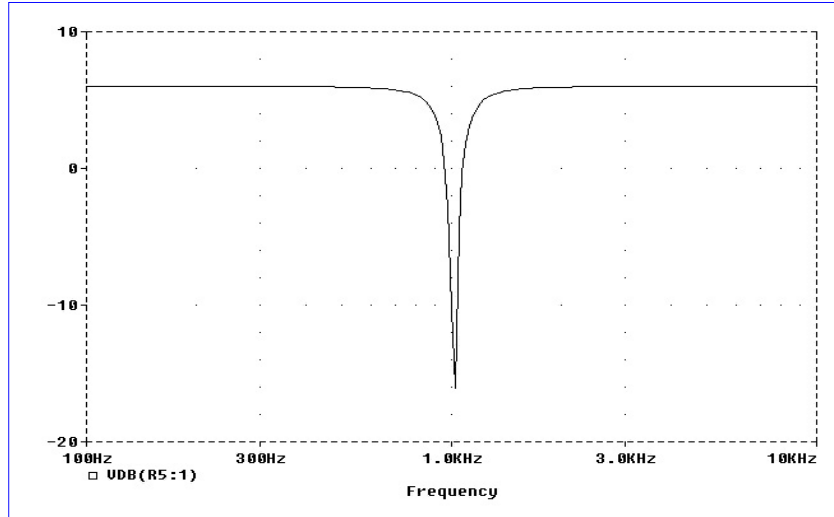
■ 문제

1. 위 회로의 주파수 특성을 검증하시오

■ 시뮬레이션 조건

OP amp : LM324
공급전원 : $\pm 5V$

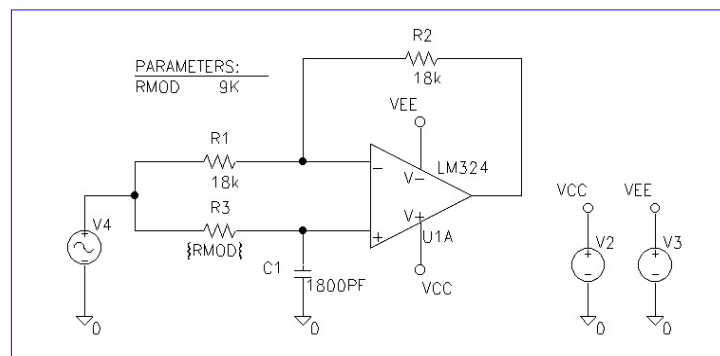
■ 시뮬레이션 결과



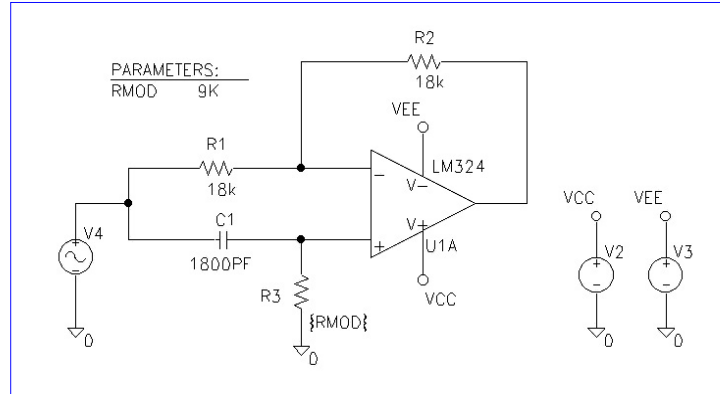
All Pass Filter

■ 회로개요

다음의 회로들은 All Pass Filter의 구조를 나타내고 있다. All Pass Filter는 특정영역의 주파수 신호를 감소시키거나 증폭시키지 않고 입력신호의 크기를 변화없이 통과시킨다. 그러나 통과된 신호는 회로내부에서 사용된 소자들의 값에 따라 위상의 변화를 일으키게 되므로 신호처리를 하기 위해 위상을 변화시켜야 하는 부분에 사용되는 회로이다. Phase Lag 회로는 입력되는 신호에 비해 위상이 늦추어지는 회로이며 Phase Lead 회로는 입력되는 신호에 비해 위상이 당겨주는 특성을 가지고 있다.



Phase Lag 회로



Phase Lead 회로

■ 문제

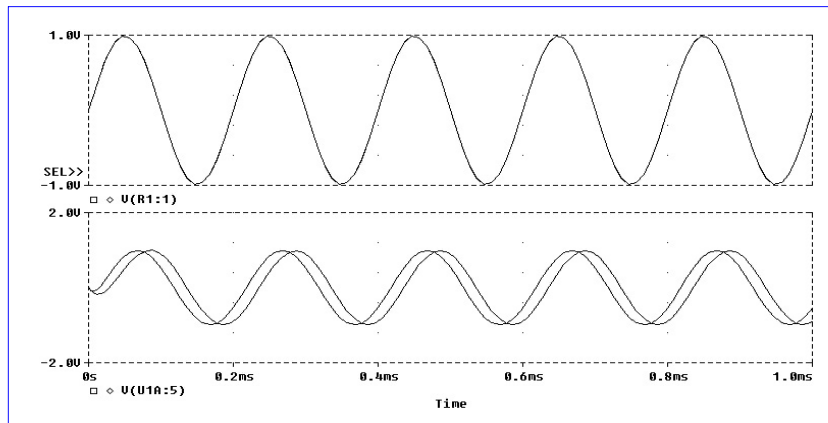
1. phase lag 회로를 이용하여 출력신호가 입력신호에 대해 위상의 변화를 가지는 지 R3의 값을 $5K\Omega$ 일 때와 $11K\Omega$ 일 때에 transient 해석을 이용하여 검증하시오.
2. phase lead 회로에 대해 문제 1을 반복하시오.

■ 시뮬레이션 조건

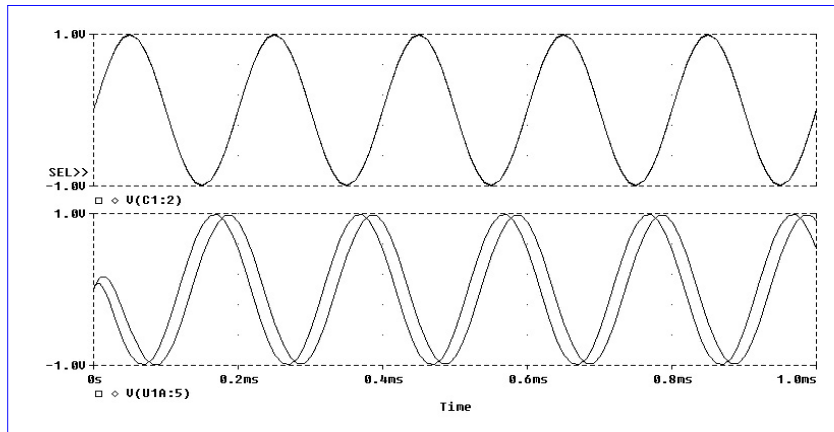
OP amp : LM324, 공급전원 : $\pm 5V$

저항의 변화에 따른 시뮬레이션을 위해서는 Design Center에서 제공하는 Parametric Analysis를 이용하여 검증할 수 있다.

■ 시뮬레이션 결과



Phase lag 회로의 검증결과



Phase lead 회로의 검증결과