

25장. Bode Plot 기능 사용하기



1. 학습개요

목표

1. Bode Plot의 개념과 주파수 응답(Frequency Response)의 의미를 이해한다.
2. RC 저역통과 필터의 이론적 컷오프 주파수(f_c)를 계산할 수 있다.
3. 오실로스코프의 내장 AFG와 Bode Plot 기능을 활용하여 Gain과 Phase를 측정한다.
4. 이론값과 실제 측정값의 차이가 발생하는 원인을 분석한다.

2. 이론

Bode Plot은 시스템의 주파수 응답을 그래프로 표현하는 방법입니다. 주파수에 따라 Gain(이득, dB)과 Phase(위상, °)가 어떻게 변하는지를 동시에 확인할 수 있으며, 필터 특성 분석이나 피드백 회로의 안정도 평가에 필수적인 기능입니다.

오실로스코프의 Bode Plot 기능은 내장 AFG(Arbitrary Function Generator)를 사용하여 Sweep 신호를 출력하고, 입력(V_{in})과 출력(V_{out})을 동시에 측정하여 Gain과 Phase를 자동 계산합니다.

2.1 RC 저역통과 필터의 이론

RC 저역통과 필터는 다음과 같이 구성됩니다.

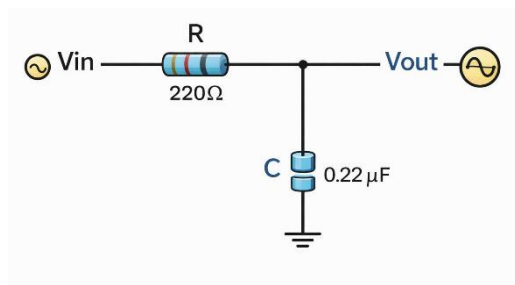


그림 25-1. RC 저역통과 필터 구성

컷오프 주파수(f_c)는 다음 식으로 계산됩니다.

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

예를 들어 저항이 220Ω 이고 캐패시턴스가 $0.22\mu F$ 라고 가정해보면 $f_c = 1 / (2\pi \times 220 \times 0.22 \times 10^{-6})$ 이라는 수식에 의해 $f_c = 3.3\text{kHz}$ 가 나오게 되고 이 지점에서 $\text{Gain} = -3\text{dB}$, $\text{Phase} = -45^\circ$ 값을 가져야함을 계산할 수 있습니다.

2.2 Bode Plot의 구성

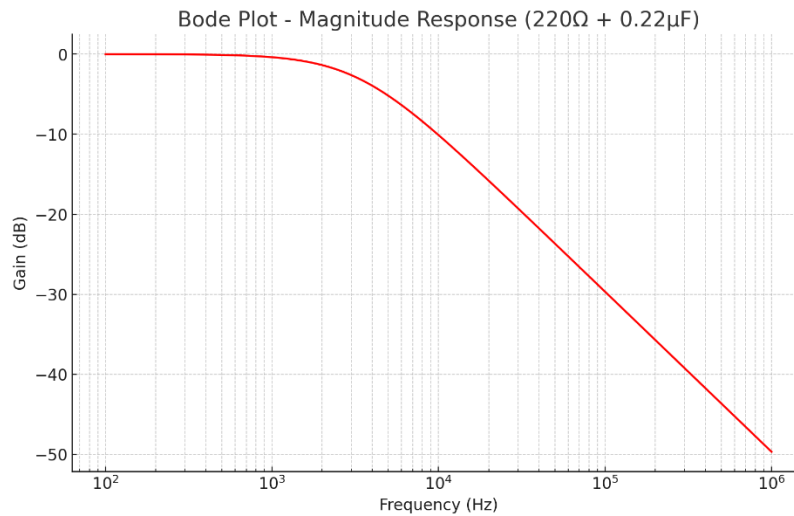


그림 25-2. Bode Plot에서 Gain에 대한 시뮬레이션 결과

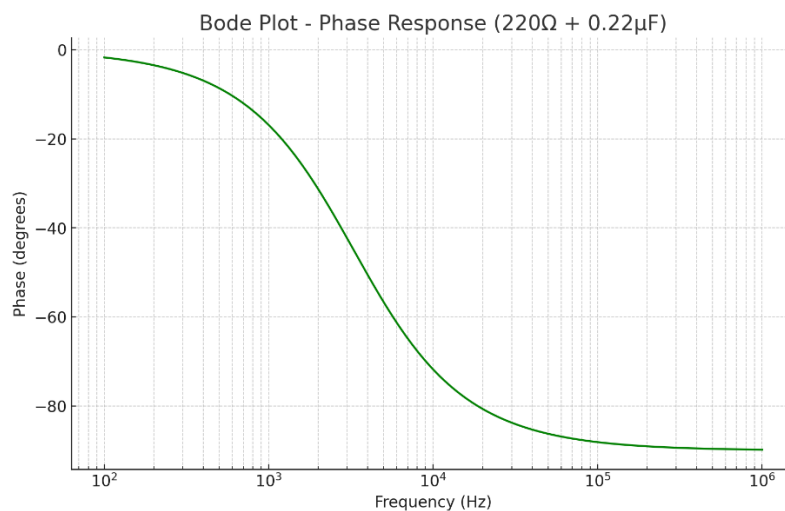


그림 25-3. Bode Plot에서 Phase에 대한 시뮬레이션 결과

A. Gain (Magnitude, dB)

- 출력 대비 입력의 비를 dB 단위로 표시
- $\text{Gain(dB)} = 20\log(V_{\text{out}}/V_{\text{in}})$

B. Phase (°)

- 입력과 출력 신호 간의 위상 차이
- 필터의 지연 특성을 나타냄

C. Sweep 방식

- Linear: 주파수를 선형 증가
- Log: 로그 스케일 증가 (필터 분석에 적합)

2.3 DH0924S Bode Plot 설정 방법

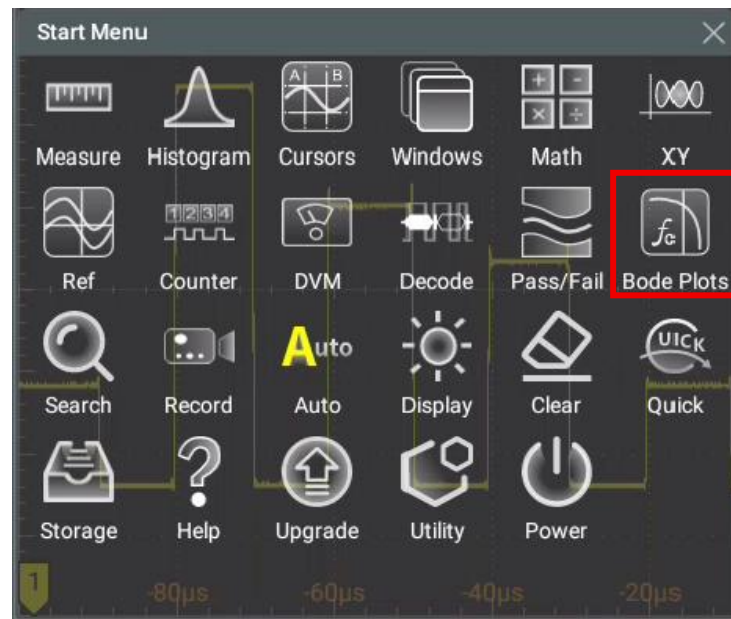


그림 25-4. Bode Plot 메뉴 진입 화면

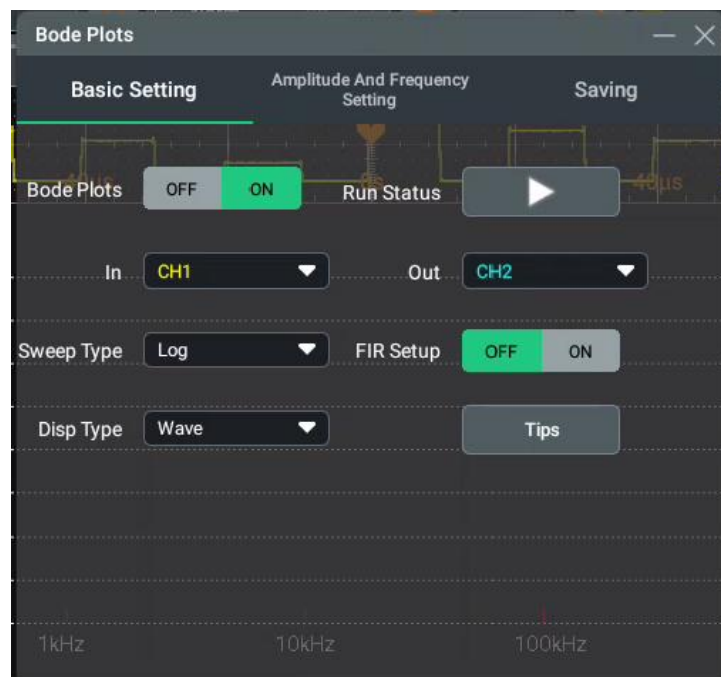


그림 25-5. Bode Plot 설정 화면

- ① 화면 좌측 하단 R 아이콘을 선택합니다.
- ② Bode Plot 메뉴에 진입합니다.
- ③ Bode Plot 창이 뜨면 Bode Plots을 ON으로 변경하면 Bode Plot이 활성화됩니다.

2.4 채널 및 연결 설정

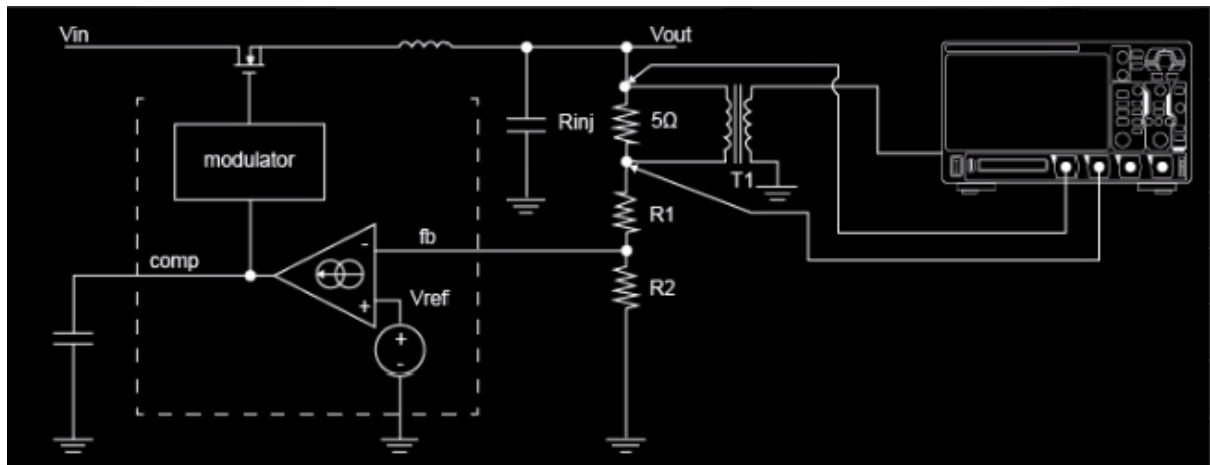


그림 25-6. 채널 연결 구성도

A. 연결 방법

- AFG1 → Vin
- CH1 → Vin
- CH2 → Vout
- 모든 GND 공통 연결

B. 채널 설정

- Input Channel = CH1 (기준 신호)
- Output Channel = CH2 (필터 통과 신호)

CH1은 기준 입력, CH2는 출력 응답 측정용입니다.

2.5 Sweep 설정

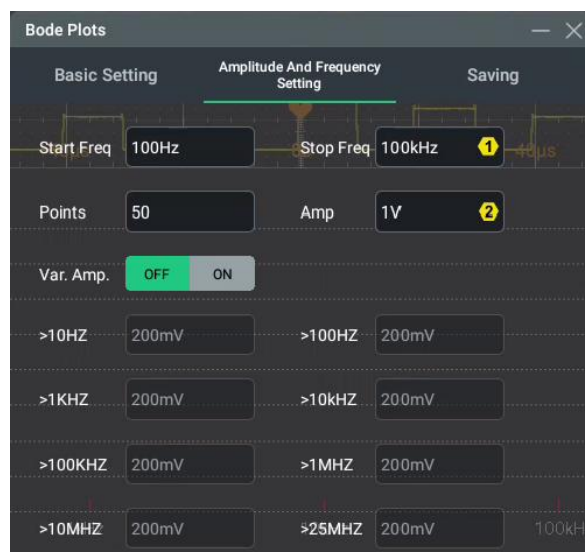


그림 25-7. Amplitude and Frequency 설정 화면

- Sweep Type: 주파수 변화 방식을 결정하는 옵션
- Start Frequency: Sweep이 시작되는 최저 주파수
- Stop Frequency: Sweep이 끝나는 최고 주파수
- Amplitude: Sweep 신호의 출력 전압 크기
- Points: Sweep 과정에서 측정되는 주파수 샘플 수, Points 수가 많을수록 그래프 해상도가 향상

3. 기본 실습

준비물: 오실로스코프(파형발생기능 포함), 패시브 프로브 2개, 220 Ω 저항, 0.22 μ F 캐패시터, 브레드보드

3.1 회로 구성 및 Bode Plot 기능 실행

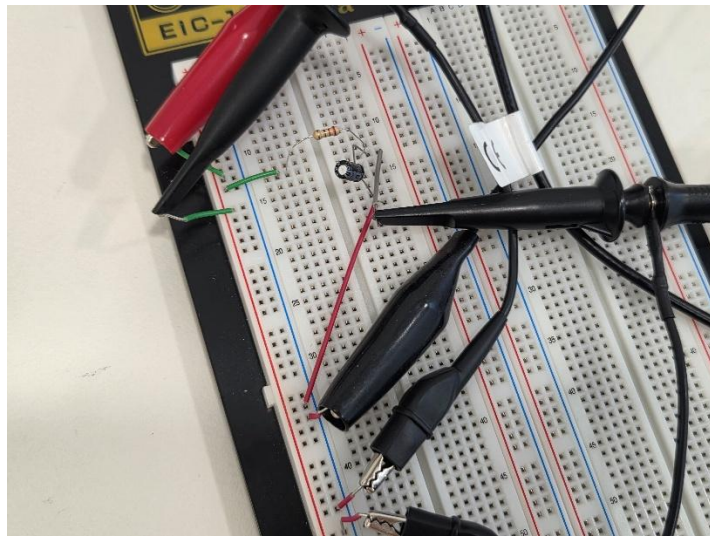


그림 25-8. 회로 구성 예시

- RC 회로를 브레드보드에 구성합니다.
- AFG1을 Vin에 연결합니다.
- CH1을 Vin에, CH2를 Vout에 연결합니다.
- Bode Plot 기능을 ON합니다.
- 아래와 같이 값을 설정합니다.
 - Sweep Type: Log
 - Start Frequency: 100Hz
 - Stop Frequency: 100kHz
 - Amplitude: 1V
 - Points: 50
- 이제 RUN 버튼을 눌러 Bode Plot을 실행합니다.
- 실시간으로 Gain(빨간색), Phase(초록색) 그래프가 생성되는 것을 확인할 수 있습니다.
- 커서를 이동하여 3.3kHz 부근에서의 Gain과 Phase 값을 확인합니다.

4. 결과 확인

- 다음 항목을 정리하여 제출합니다.
 - 이론 계산값 f_c
 - 측정된 -3dB 지점
 - 해당 주파수에서의 Phase
 - 이론과 측정 차이 분석
- 측정된 결과값이 기존의 이론값과 오차가 발생한다면 다음과 같은 원인을 생각해 봅시다.
 - 전해 커패시터의 ESR, ESL 의 영향이나 저항의 오차가 있지는 않는 지
 - 브레드보드의 배선 영향이나 배선 길이로 인해 기생 임피던스 값이 발생하진 않았는지
 - 프로브 입력 임피던스 영향이 있는 지

5. 확인 문제

1. RC 저역통과 필터의 컷오프 주파수 공식은 무엇인가요?

2. Bode Plot에서 Gain이 -3 dB라는 것은 무엇을 의미하나요?

3. Log Sweep 방식을 사용하는 이유는 무엇인가요?

6. 핵심요약

- Bode Plot은 시스템의 주파수 응답을 시각화하는 핵심 기능이다.
- RC 저역통과 필터의 컷오프 주파수는 $f_c = 1/(2\pi RC)$ 이다.
- 이론값과 실제 측정값은 기생 성분 및 프로브 영향으로 차이가 발생할 수 있다.
- DHO924S의 내장 AFG를 활용하면 별도 장비 없이 Loop 분석이 가능하다.

7. 참고 및 부록

- Bode Plot: 주파수 응답을 Gain과 Phase로 표현한 그래프
- Gain (dB): 입력 대비 출력 비율
- Phase: 입력과 출력 신호의 위상 차이
- Cutoff Frequency (f_c): -3dB 지점
- Sweep: 주파수를 변화시키며 측정하는 방식