

5장. 오실로스코프용 프로브의 이해



1. 학습개요

목표

- ① 오실로스코프 프로브의 기본 구조와 역할을 설명할 수 있다.
- ② 프로브의 주요 유형(패시브, 액티브, 차동, 전류, 고전압, 로직)을 구분하고 특성을 이해한다.
- ③ 프로브 보정 절차와 프로빙 시 주의사항을 설명할 수 있다.

2. 이론

2.1 프로브의 역할과 기본 구조

프로브는 측정 대상 회로와 오실로스코프를 연결하는 인터페이스로, 단순한 케이블이 아니라 신호 왜곡을 최소화하여 정확한 측정을 가능하게 하는 핵심 부품입니다.



그림 5-1. 프로브 구성 요소

구성 요소:

- 프로브 팁 (Probe Tip): 회로에 접촉해 신호를 취득
- 접지 클립 (Ground Clip): 기준 전위 제공, GND 루프 최소화 중요
- 케이블 및 BNC 커넥터: 신호를 전달하며 노이즈 유입 억제 설계 필요

정확한 측정을 위해, 이 모든 구성요소는 신호의 위상 지연, 감쇠, 노이즈 유입 등을 최소화해야 합니다.

2.2 프로브의 주요 유형과 특성

프로브는 측정하려는 신호의 주파수, 전압, 환경에 따라 다양한 유형이 존재합니다.

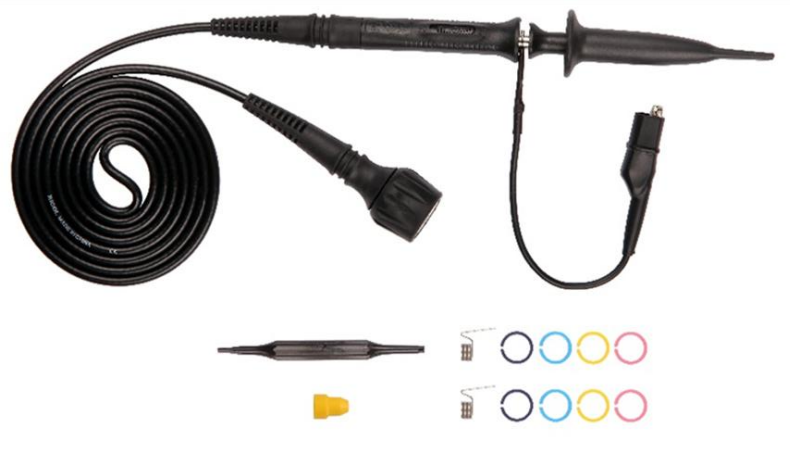


그림 5-2. 패시브 프로브

패시브 프로브(Passive Probe)

증폭기 등의 능동소자가 없는 단순 저항/커패시터 분압 회로로 구성되며, 대표적인 예시로는 10:1 감쇠비 프로브가 있습니다. 특징으로는 사용이 간편하고 내구성이 높으며 저주파 혹은 일반 회로 측정용으로 넓은 범용성을 가집니다. 감쇠 계수에 따라 신호를 스코프 입력에 맞게 감쇄시켜 오실로스코프를 보호하며, 감쇠비가 높은 만큼 높은 전압의 신호 측정이 가능합니다. 단점으로는 고속 신호 측정 시 충실도가 떨어지고, 회로 부하(capacitive loading)가 커질 수 있습니다.



그림 5-3. 액티브 프로브

액티브 프로브(Active Probe)

내부에 FET 기반 증폭기 회로를 내장한 구조를 가지며, RF 회로, 고속 디지털 회로, 정밀 아날로그 설계 등에서 사용됩니다. 특징으로는 GHz 수준의 매우 높은 대역폭을 가지며, 높은 입력 임피던스로 회로 부하를 최소화합니다. 또한 빠른 상승 시간과 낮은 노이즈 특성을 가집니다.



그림 5-4. 차동 프로브

차동 프로브(Differential Probe)

두 개의 입력 간 전압을 측정하는 구조의 프로브입니다. 특징으로는 공통 모드 노이즈 제거에 효과적이며, 플로팅 회로나 고전압 신호에서 정밀 측정이 가능합니다. 일부 차동 프로브 중에는 별도의 외부 전원을 필요로 하는 프로브도 있습니다. 주로 고속 신호, 전원 레일 분석, 통신 신호 등의 측정을 위해 사용됩니다.



그림 5-5. 전류프로브

전류 프로브(Current Probe)

전류를 간접적으로 측정하는 구조의 프로브입니다. 특징으로는 비접촉식으로 측정이 가능하며, 오실로스코프에서 시간 축 대비 전류로 파형을 확인할 수 있습니다. 주로 전력 회로, 스위칭 전원, 모터 드라이브 등을 분석할 때 사용합니다.



그림 5-6. 고전압 프로브

고전압 프로브(High Voltage Probe)

고전압 프로브는 수 kV급 신호도 안전하게 측정 가능한 특징을 가지는 프로브입니다. 절연성능이 좋고, 감쇠가 잘 되도록 설계되는 것이 이 프로브의 핵심 기능입니다. 주로 전력 전자, 산업용 설비, 송배전 장치 분석 등에 사용됩니다.



그림 5-7. 로직프로브

로직 프로브(Logic Probe)

로직 프로브는 디지털 신호를 다채널로 수집하는 프로브로, 로직 분석기처럼 작동하며 타임코렐레이션을 지원합니다. 주로 디지털 회로 디버깅, 마이크로컨트롤러 버스 분석등에 사용됩니다.

2.3 프로브 보정의 필요성

프로브는 오실로스코프와 함께 사용하기 전에 반드시 보정을 통해 신호 충실도를 확보해야 합니다. 보정을 통해 프로브와 오실로스코프 입력 간의 커패시턴스 차이를 보정하여 정확한 사각파 측정을 보장받을 수 있습니다.

2.4 프로빙 시 주의사항

- 접지 루프를 최소화하여 노이즈 유입 방지
- 고속 회로에서는 리드선 길이를 짧게 유지
- 측정 신호 주파수의 5배 이상 대역폭을 가진 프로브 사용 (5배 규칙)
- 고임피던스 측정에서는 액티브 프로브 활용

3. 기본 실습

준비물: 기본 패시브 프로브, 프로브 보정용 스크류

3.1 프로브 보정 실습

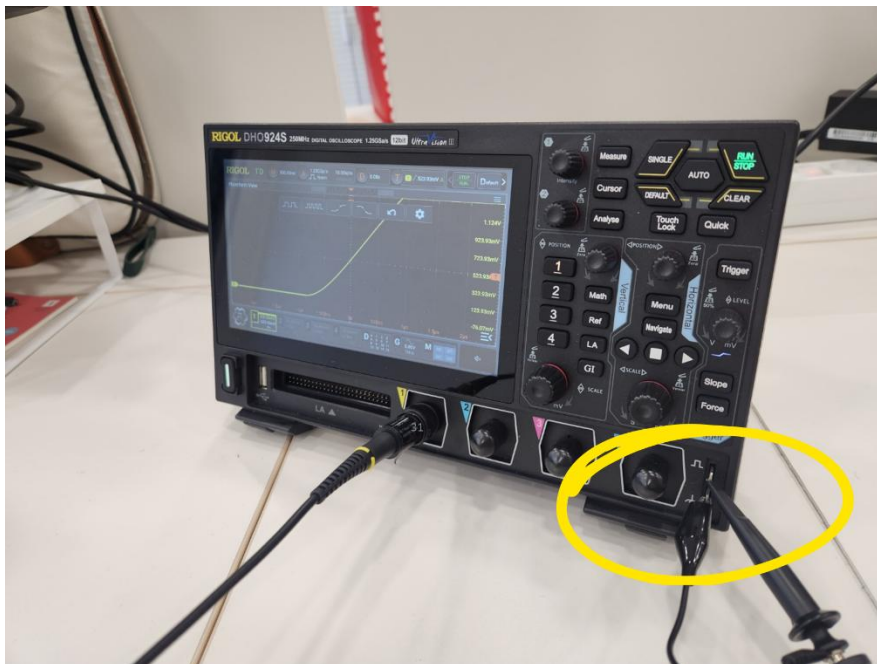


그림 5-8. Probe Compensation(보정 단자)에 프로브 연결

- ① 프로브를 오실로스코프의 보정 신호 단자에 연결합니다.
- ② AUTO 버튼으로 파형을 확인합니다.

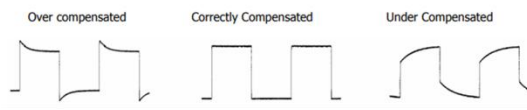


그림 5-9. 보정 나사를 이용한 보정 교정

- ③ 보정 나사를 조정하여 Under/Over 보정을 교정합니다.
- ④ Under 보정 시의 파형, Over 보정시의 파형, 보정이 완료되었을 때의 깨끗한 파형을 각각 저장합니다.

4. 결과 확인

각각 Under 보정시의 파형, Over 보정 시의 파형, 교정이 완료되었을 때의 파형을 각각 저장하여 제출합니다.

5. 확인 문제

1. 프로브 보정을 하지 않았을 때 발생할 수 있는 문제점은 무엇인가요?

2. 차동 프로브가 필요한 대표적인 측정 상황은 무엇인가요?

3. 프로브 선택 시 5배 규칙이 의미하는 것은 무엇인가요?

6. 핵심요약

- 프로브는 단순한 케이블이 아닌 고성능 인터페이스
- 주요 유형: 패시브, 액티브, 차동, 전류, 고전압, 로직
- 보정을 통해 정확한 신호 측정 확보 가능
- 프로빙 기법(접지 최소화, 짧은 리드선 등)이 측정 정확도에 큰 영향

•

7. 참고 및 부록

용어집:

- 감쇠비 (Attenuation Ratio): 프로브 입력 대비 출력 전압 비율
- 공통 모드 제거 (CMRR): 두 입력에 공통으로 포함된 신호를 제거하는 능력
- 프로브 보정 (Probe Compensation): 프로브-오실로스코프 입력 간 특성 맞춤 조정
- 임피던스 매칭 (Impedance Matching): 신호 손실과 반사를 줄이기 위해 입력/출력 특성 맞춤
- 프로빙 기법 (Probing Technique): 노이즈 유입 최소화를 위한 측정 방법