

3장. 오실로스코프의 주요 사양 이해하기



1. 학습개요

목표

- ① 오실로스코프의 4대 핵심 사양(대역폭, 샘플링 속도, 메모리 깊이, 상승 시간)을 이해한다.
- ② 각 사양이 신호 측정 정확도와 분석 범위에 미치는 영향을 설명할 수 있다.
- ③ 실습을 통해 실제 파형에서 사양의 중요성을 확인한다.

2. 이론

2.1 대역폭 (Bandwidth)

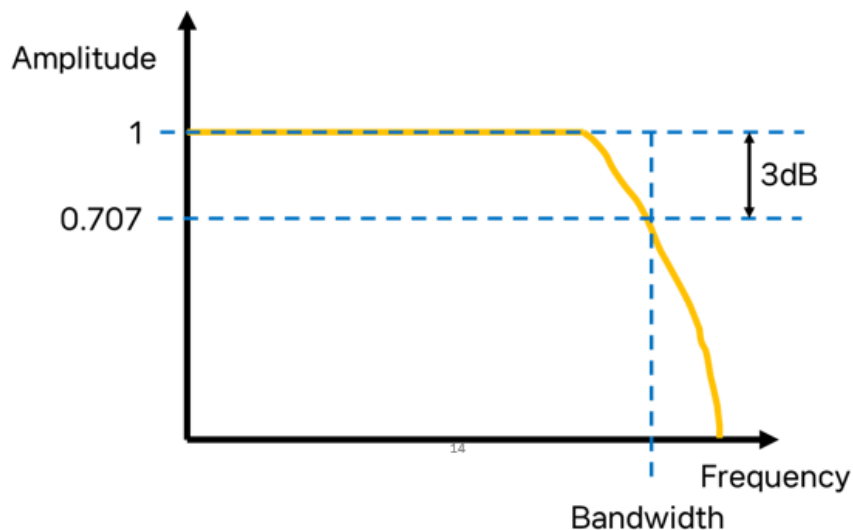


그림 3-1. 대역폭 정의

정의

오실로스코프의 대역폭은 주파수 응답 특성에서 입력 신호의 진폭이 -3 dB(약 70.7%)로 감소되는 지점의 주파수를 의미하는 계측 성능의 한 지표입니다. 예를 들어, 대역폭이 200MHz인 오실로스코프는 200MHz신호 측정 시 약 30%정도의 신호 감쇠가 발생합니다.

주요 개념

- -3dB 포인트: 대역폭은 일반적으로 입력 신호가 원래 진폭의 약 70.7%(-3dB)로 감소되는 지점의 주파수로 정의됩니다. 아래 그림은 -3dB 포인트에서의 진폭 감쇠를 나타낸 그래프입니다. 이 포인트 이후의 주파수는 점점 신호가 감쇠되어, 정확한 측정이 어려워집니다.

2.2 샘플링 속도 (Sampling Rate)

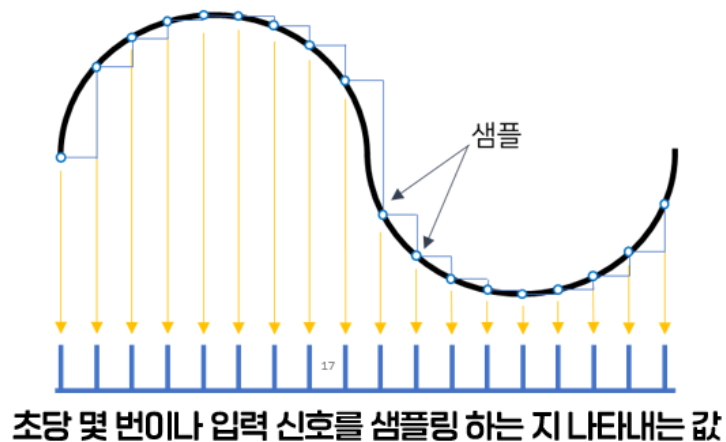


그림 3-2. 샘플링 속도의 정의

샘플링 속도는 오실로스코프가 초당 얼마나 많은 데이터를 캡처할 수 있는지를 나타내는 수치입니다. 일반적으로 GSa/s (Giga Samples per second) 등의 단위를 사용합니다. 예를 들어 1GSa/s는 초당 10억개의 샘플을 받아온다는 의미입니다. 이 값이 클수록 시간축의 해상도가 높아져 신호의 미세한 변화도 포착할 수 있습니다.

나이퀴스트 이론

샘플링 속도는 나이퀴스트(Nyquist) 이론에 따라 신호의 정확한 복원을 위해 신호 주파수의 최소 2배 이상이어야 합니다. 하지만 이는 사인파의 경우 이론적으로 최소값일 뿐이고, 실제 측정에서는 고주파 신호까지 고려되어야 하기 때문에 그보다 훨씬 높은 샘플링 속도가 필요합니다.

샘플링 속도가 부족하면 언더샘플링(Undersampling)으로 인해 신호가 왜곡되며, 존재하지 않는 위조된 신호(앨리어싱, aliasing)가 나타납니다. 그림 2의 상단에 보이는 것 처럼 원본 신호를 충분한 샘플링 속도로 캡처하면 정확하게 재구성된 파형을 볼 수 있고, 하단에 보이는 것 처럼 언더샘플링의 낮은 샘플링 속도로 측정하게 되면 그로 인해 왜곡된 파형이 생성됩니다. 앨리어싱이 발생하면, 해당 파형은 완전히 다른 주파수의 신호로 잘못 해석됩니다.

실제 측정시에는 펄스, 스파이크, 고속 엣지와 같은 고주파 세부 구조를 정확히 측정하기 위해 신호 주파수의 5~10배 이상의 확보가 필요합니다. 특히 시간 해상도, 에지/펄스, 노이즈 분석등의 어플리케이션에서는 샘플링 속도가 매우 중요합니다.

2.3 메모리 깊이 (Memory Depth)

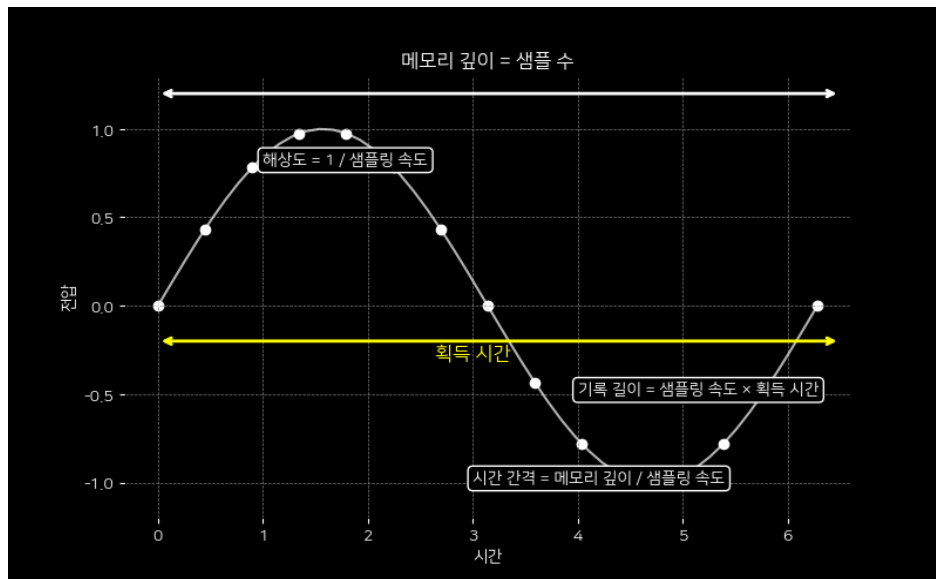


그림 3-3. 메모리 깊이(Memory Depth) 정의

정의

메모리 깊이는 오실로스코프가 한 번의 획득(Acquisition)에서 저장할 수 있는 샘플의 총 개수를 의미합니다. 즉, 하나의 파형을 측정할 때 몇 개의 데이터 포인트를 저장해두고 분석할 수 있는지를 결정합니다. 단위는 주로 Points 또는 Samples을 사용합니다. 예를 들어 14Mpts의 경우, 1,400만 개의 샘플이 저장 가능합니다.

관계식

$$\text{시간 간격} = \text{메모리 깊이} / \text{샘플링 속도}$$

이 관계식에 따라, 메모리 깊이가 클수록 긴 시간 동안 고해상도로 신호를 캡처할 수 있습니다.

샘플링 속도는 일정한데 메모리 깊이가 작으면 전체 측정 시간은 짧아지고, 반대로 장시간 측정을 시도할 경우 샘플 간격(시간 해상도)이 커져서 파형의 세부 정보가 손실될 수 있습니다. 예를 들어 고속 디지털 신호의 노이즈, 링잉, 스파이크 등을 정확히 분석하려면 높은 샘플링 속도와 더불어 충분한 메모리 깊이가 함께 확보되어야 합니다.

2.4 상승 시간 (Rise Time)

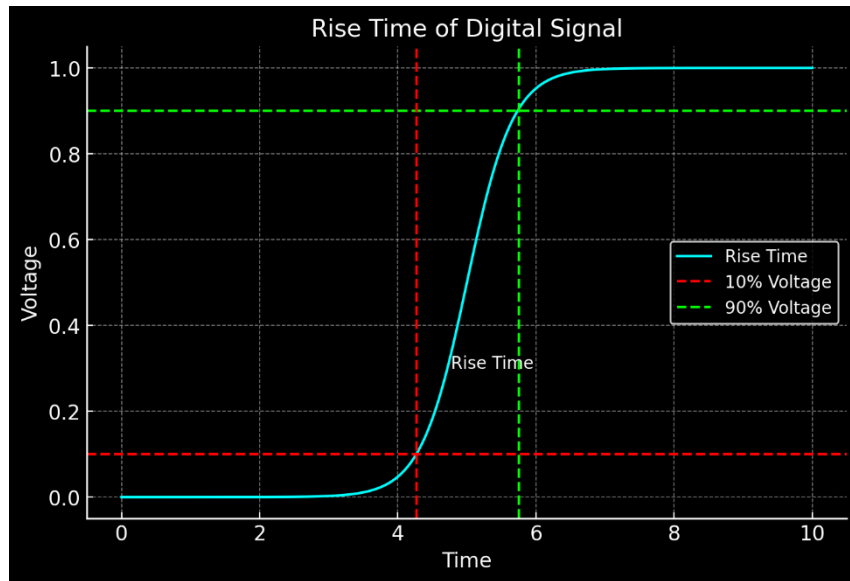


그림 3-4. 상승 시간의 정의

정의

상승 시간은 디지털 신호 또는 펄스 신호가 저전압 상태(10%)에서 고전압 상태(90%)까지 상승하는 데 걸리는 시간을 의미합니다. 상승 시간은 신호의 급격한 변화 속도를 정량적으로 나타내며, 고속 디지털 회로나 펄스 신호에서 매우 중요한 특성입니다.

계산 공식

$$T_{\text{rise}} = 0.35 / \text{대역폭(BW)}$$

예: 대역폭 1GHz → 상승시간 0.35ns

* 해당 식의 경우 Single-pole low-pass 또는 Gaussian 응답 등 일반적인 경우에서만 적용됨

정확한 상승 시간 측정을 위해선 샘플링 속도도 충분히 높아야 하며 프로브와 오실로스코프의 대역폭도 신호 특성에 맞춰 선택해야 합니다.

오실로스코프의 성능은 이 네 가지 사양에 크게 좌우됩니다. 올바른 장비 선택은 신호를 얼마나 정확하고 효율적으로 분석할 수 있는지를 결정합니다.

3. 기본 실습

이번 실습에서는 오실로스코프의 수직·수평·디스플레이 시스템의 핵심 기능을 직접 조작해 보며 이해도를 높입니다. 실습은 보정 신호(Probe Compensation Node)를 이용해 안전하고 반복 가능한 환경에서 진행됩니다.

3.1 메모리 깊이에 따른 신호 비교

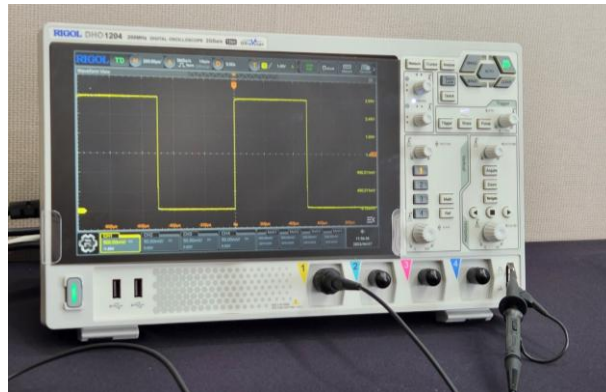


그림 3-5. Probe Compensation 신호 연결

- ① Probe Compensation 노브에 프로브를 연결합니다.
- ② 수평축 스케일 노브를 조절하여 Horizontal Scale을 20 ms/div로 설정합니다.



그림 3-6. 20ms/div, 1kpts/1Mpts로 설정하여 캡처한 화면

- ③ 수평시스템 창을 열어 Memory Depth를 1kpts로 설정합니다. Stop을 눌러 Single로 캡처합니다.
- ④ 수평축 스케일 노브를 이용하여 Horizontal Scale을 1ms/div로 조절하여 파형을 확인해봅니다.
- ⑤ 이제 다시 수평축 스케일 노브를 조절하여 Horizontal Scale을 500 μ s/div로 설정합니다.
- ⑥ 수평시스템 창을 열어 Memory Depth를 1Mpts로 설정합니다. Stop을 눌러 Single로 캡처합니다.
- ⑦ 수평축 스케일 노브를 이용하여 Horizontal Scale을 1ms/div로 조절하여 파형을 확인해봅니다.

4. 결과 확인

메모리 깊이의 차이를 증명할 만한 두가지 파형을 찍고 비교파형을 제출하고, 파형 차이가 나는 이유에 대하여 설명합니다.

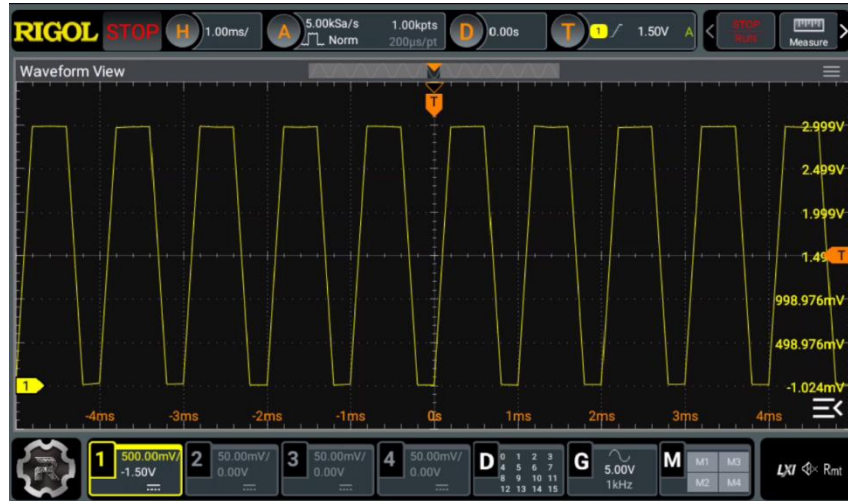


그림 3-7. 메모리 깊이를 1kpts로 설정했을 때의 결과파형

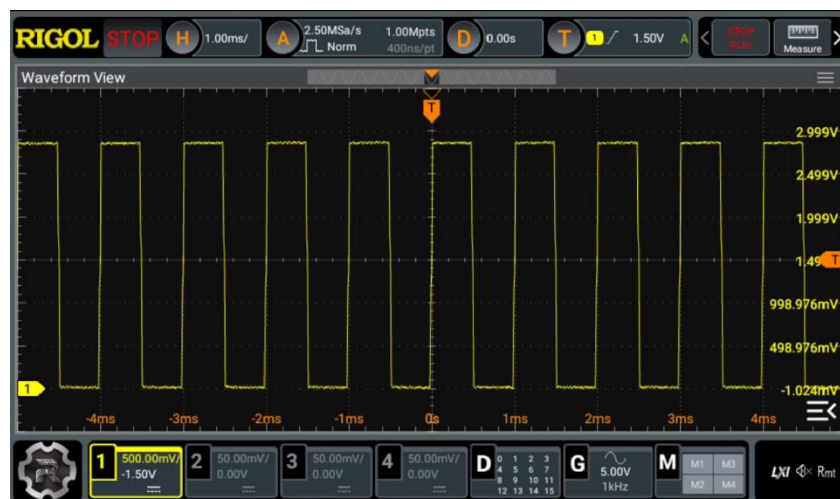


그림 3-8. 메모리 깊이를 1Mpts로 설정했을 때의 결과파형

5. 확인 문제

1. 대역폭이 200MHz인 오실로스코프로 400MHz 신호를 측정할 경우 나타날 수 있는 현상은?

2. 100MHz의 구형파를 정확히 측정하기 위한 최소 권장 대역폭과 그 이유는?

3. 샘플링 속도가 부족할 때 발생하는 대표적인 현상은?

4. 오실로스코프 상승 시간과 대역폭의 관계는 무엇인가?

6. 핵심요약

- **대역폭**: 신호 주파수보다 최소 5배 확보해야 정확 측정 가능.
- **샘플링 속도**: 신호 주파수의 5~10배 이상 필요, 앨리어싱 주의.
- **메모리 깊이**: 긴 시간 고해상도 기록 가능 여부 결정.
- **상승 시간**: 대역폭과 직접 연관, 고속 신호 측정 정확도 좌우.

7. 참고 및 부록

용어집:

- **대역폭(Bandwidth)**: 오실로스코프가 정확히 표시할 수 있는 최대 주파수 범위.
- **5배 규칙**: 측정 신호 주파수의 5배 이상 대역폭을 가진 장비 사용 권장 원칙.
- **샘플링 속도(Sampling Rate)**: 초당 신호를 디지털화하는 횟수.
- **나이퀴스트 이론(Nyquist Theorem)**: 샘플링 속도가 신호 주파수의 2배 이상이어야 원래 신호 복원 가능하다는 이론.
- **언더샘플링(Undersampling)**: 샘플링 속도가 부족하여 신호가 왜곡되는 현상.
- **앨리어싱(Aliasing)**: 신호가 잘못된 주파수 성분으로 표시되는 현상.
- **메모리 깊이(Memory Depth)**: 한 번 측정 시 저장 가능한 데이터 포인트 수.
- **상승 시간(Rise Time)**: 신호가 10% → 90% 전압으로 상승하는 데 걸리는 시간.