

오실로스코프의 기초

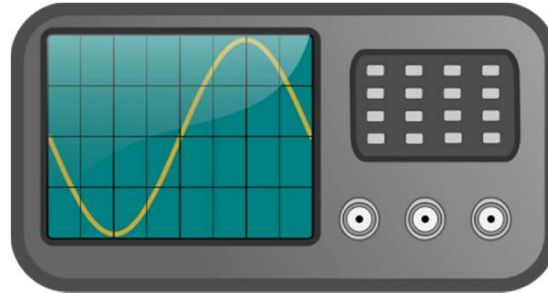
전기 공학 및 물리학과 학생용

학습 내용

- 오실로스코프란?
- 프로빙 기초(저주파 모델)
- 전압 및 타이밍 측정
- 화면에서 적절하게 파형 스케일링
- 오실로스코프 트리거링에 대한 이해
- 오실로스코프 조작 원리 및 성능 사양
- 프로빙(다이내믹/AC 모델 및 로드의 영향)
- DSOXEDK 실험 가이드 및 자습서 사용하기
- 추가 기술 자료



오실로스코프란?



os·cil·lo·scope (ə-sīl'ə-skōp')

- 오실로스코프는 전기적 입력 신호를 화면에서 볼 수 있는 트레이스로 변환합니다. 즉, 전기를 빛으로 변환하는 것입니다.
- 오실로스코프는 시간에 따라 변하는 전기적 신호를 2차원(일반적으로 전압 대 시간)의 동적인 그래프로 나타냅니다.
- 오실로스코프는 엔지니어와 기술자가 전자 설계를 테스트, 검증 및 디버그하는 데 사용합니다.
- 오실로스코프는 EE/물리학 실험실에서 실험을 테스트하는 데 사용하는 기본 장비입니다.

오실로스코프를 부르는 다양한 이름

스코프 - 가장 일반적으로 사용되는 용어

DSO - 디지털 스토리지 오실로스코프(**D**igital **S**torage **O**scilloscope)

디지털 스코프

디지털화 스코프

아날로그 스코프 - 이전 기술을 사용한 오실로스코프이지만 여전히 사용되고 있습니다.

CRO - 음극선 오실로스코프(**C**athode **R**ay **O**scilloscope) ("크로우"라고

발음). 대부분의 스코프가 파형을 표시하는 데 더 이상 음극선관을 이용하지 않지만 오스트레일리아와 뉴질랜드에서는 여전히 애정을 담아 **CRO**라고 부릅니다.

O 스코프

MSO - 혼합 신호 오실로스코프(**M**ixed **S**ignal **O**scilloscope) (수집을 위한 로직 분석기 채널 포함)

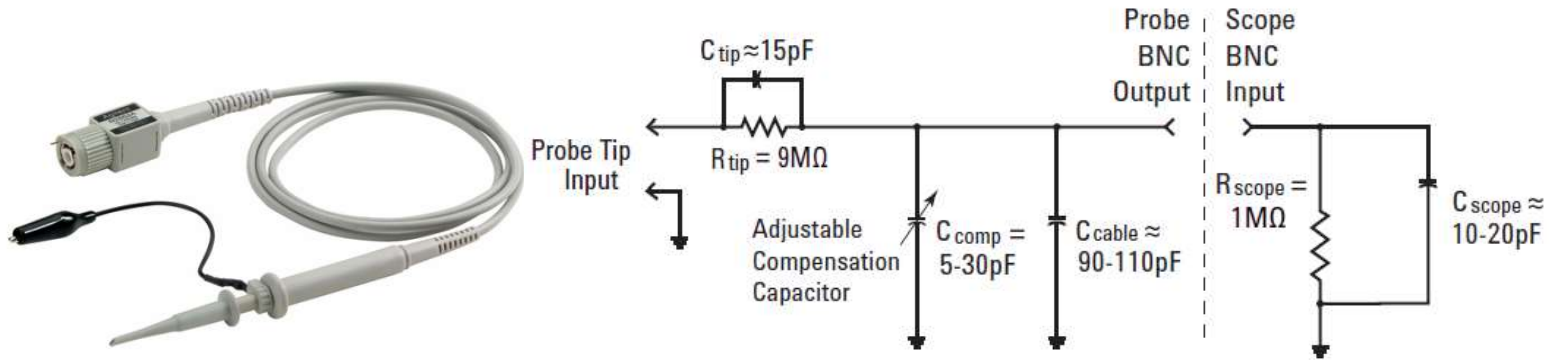


프로빙의 기초

- 프로브는 테스트 대상 장치에서 오실로스코프의 **BNC** 입력으로 신호를 전송하는 데 사용됩니다
- 여러 가지 특수한 용도(고주파 어플리케이션, 고전압 어플리케이션, 전류 등)에 따라 사용되는 프로브 유형은 매우 다양합니다.
- 가장 일반적으로 사용되는 프로브 유형은 "패시브 10:1 분압 프로브"입니다.



패시브 10:1 분압 프로브



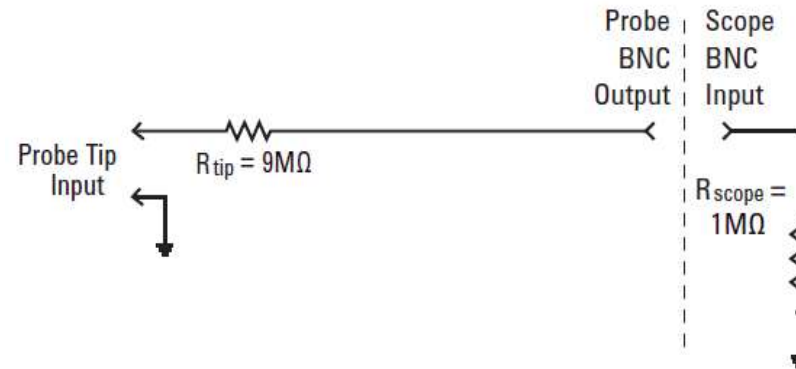
패시브 10:1 프로브 모델

패시브: 트랜지스터 또는 증폭기 등의 활성 요소가 포함되어 있지 않습니다.

10-투-1: 10을 계수로 하여 스코프의 BNC 입력에 전달된 신호의 진폭을 줄입니다. 그리고 입력 임피던스를 10배로 증가시킵니다.

참고: 모든 측정은 접지된 상태로 수행해야 합니다!

저주파/DC 모델



패시브 10:1 프로브 모델

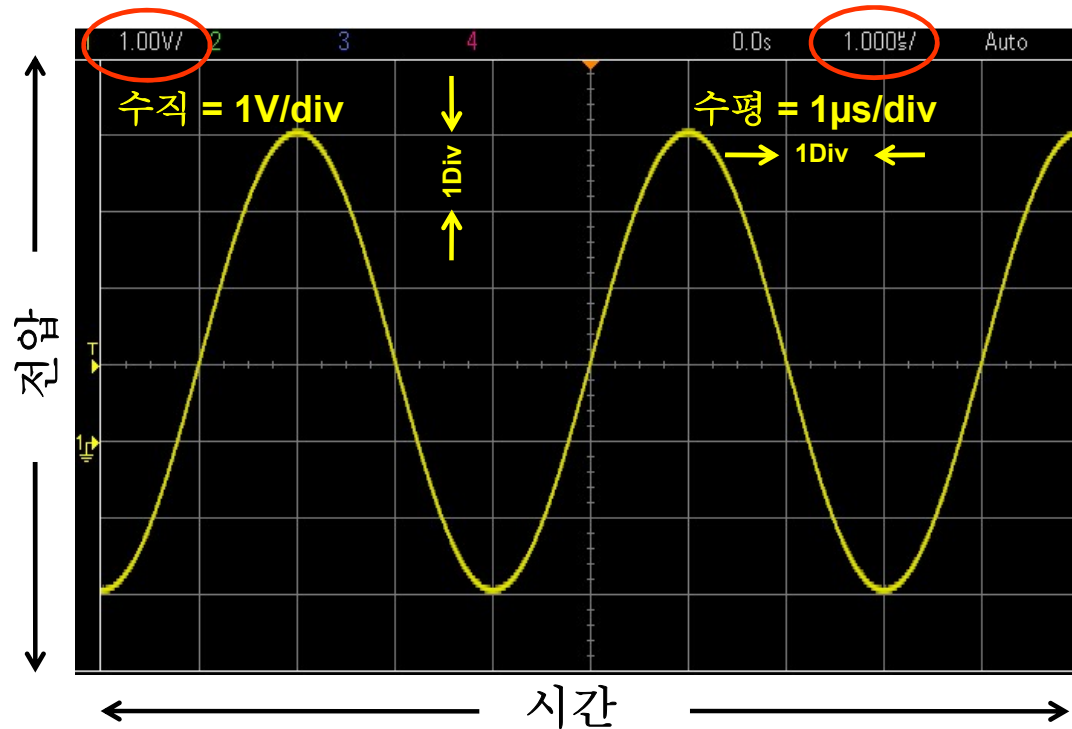
저주파/DC 모델: 스킵의 $1\text{M}\Omega$ 입력 종단과 직렬로 연결된 $9\text{M}\Omega$ 저항으로 간소화합니다.

프로브 감쇄 인자:

- ✓ 애질런트 3000 X 시리즈와 같은 일부 스킵은 10:1 프로브를 자동으로 검출하여 프로브 팁을 기준으로 모든 수직 설정과 전압 측정을 조정합니다.
- ✓ 애질런트 2000 X 시리즈와 같은 일부 스킵은 10:1 프로브 감쇄 인자를 수동으로 입력해야 합니다.

다이나믹/AC 모델: 나중에 실험 #5에서 다룹니다.

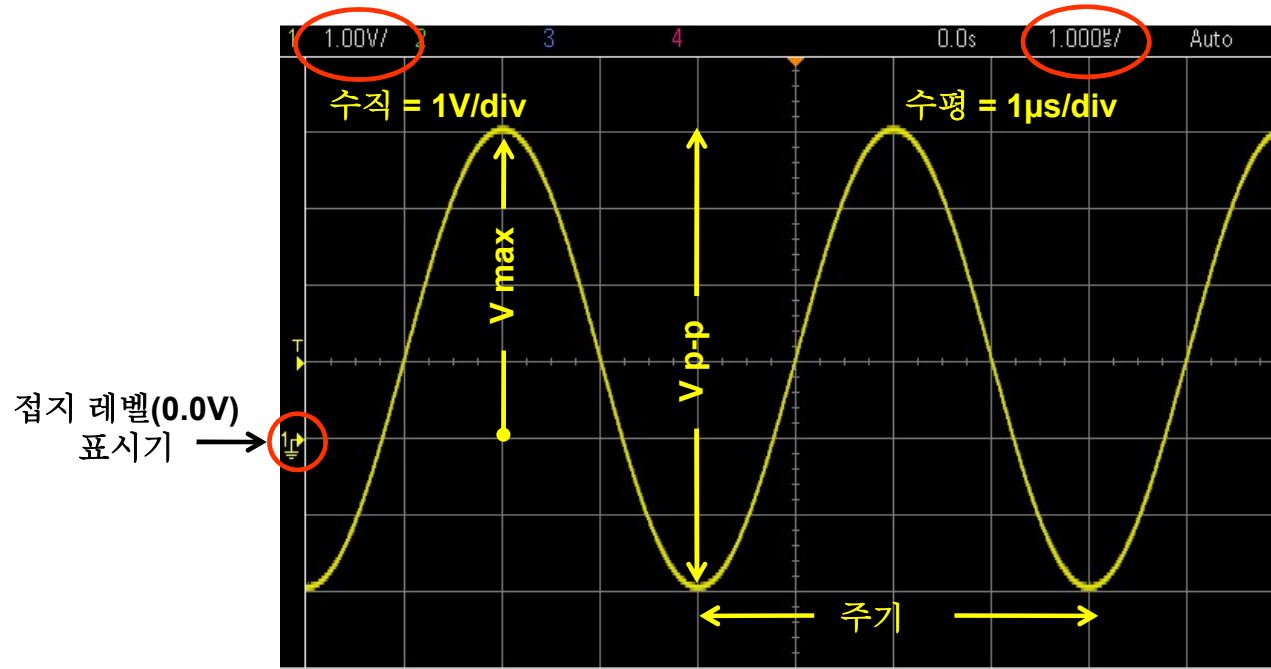
스코프 디스플레이에 대한 이해



- 파형은 회색 격자 라인(또는 눈금)으로 표시된 영역에 표시됩니다.
- 격자 라인의 수직 간격은 볼트/눈금 설정을 기준으로 합니다.
- 격자 라인의 수평 간격은 초/눈금 설정을 기준으로 합니다.

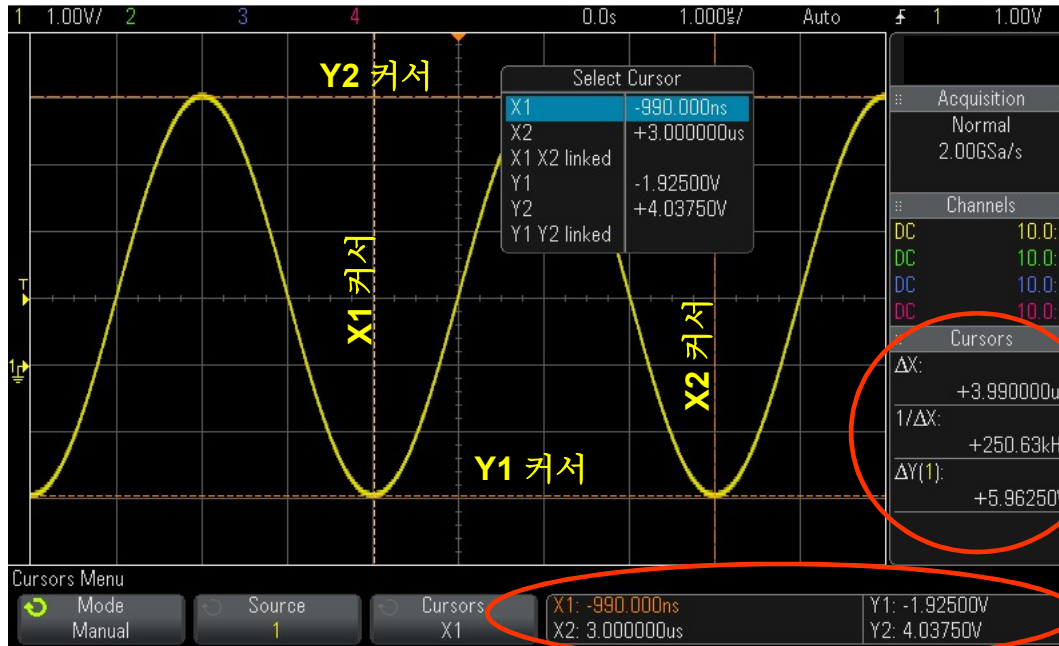
측정 수행 - 시각적 평가

가장 일반적인 측정 기법



- 주기(T) = 4눈금 x 1μs/div = 4μs, Freq = 1/T = 250kHz.
- V p-p = 6눈금 x 1V/div = 6V p-p
- V max = +4눈금 x 1V/div = +4V, V min = ?

측정 수행 - 커서 사용



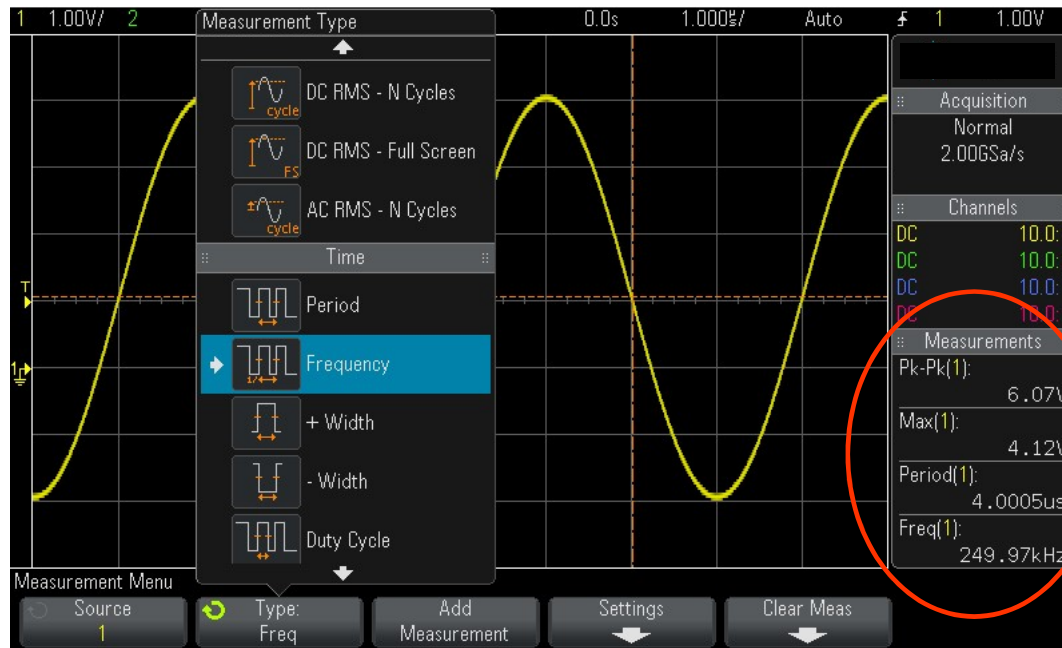
커서 제어

Δ 판독값

절대 V 및 T 판독값

- X 및 Y 커서의 위치를 원하는 측정 포인트에 수동으로 지정합니다.
- 스코프가 수직 및 수평 스케일링 계수를 자동으로 곱하여 절대 및 델타 측정값을 제공합니다.

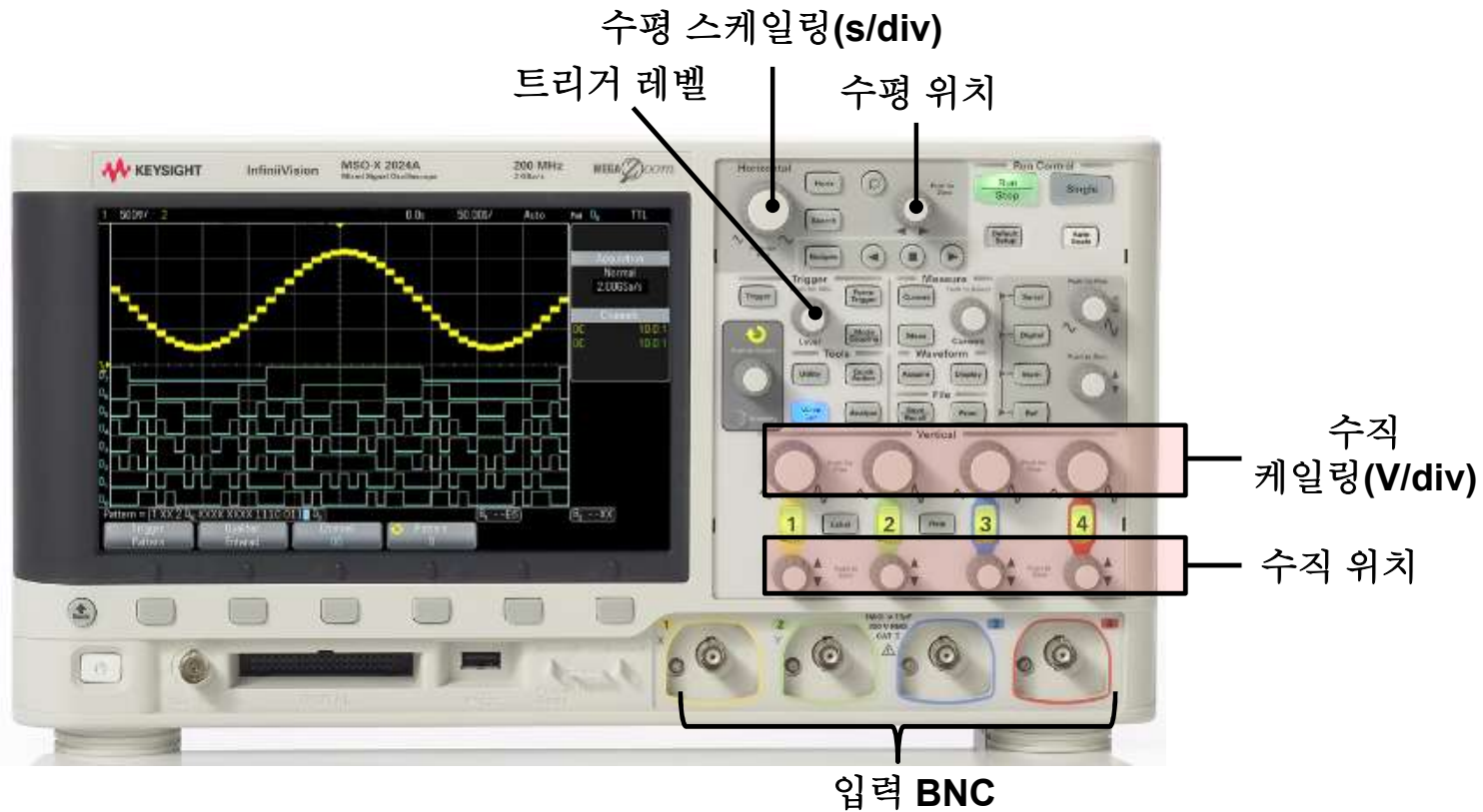
측정 수행 - 스톱의 자동 파라미터 측정값 사용



- 연속적으로 업데이트된 판독값에서 최대 4개의 자동 파라미터 측정값을 선택합니다.

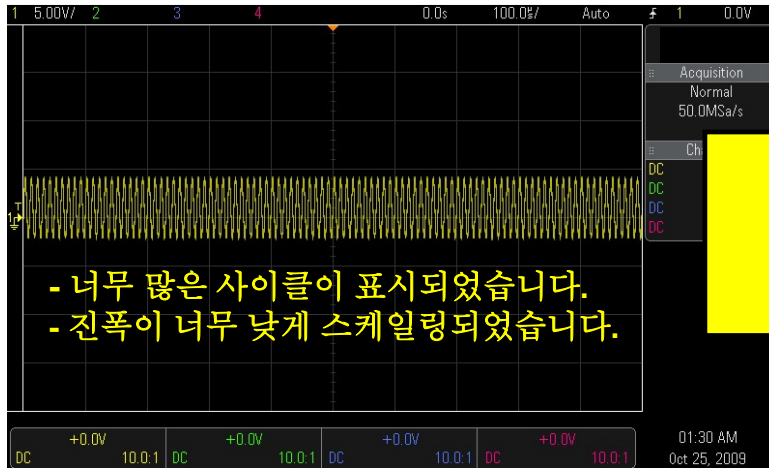
기본 오실로스코프 설정 컨트롤

Keysight's InfiniiVision 2000 & 3000 X-Series Oscilloscope

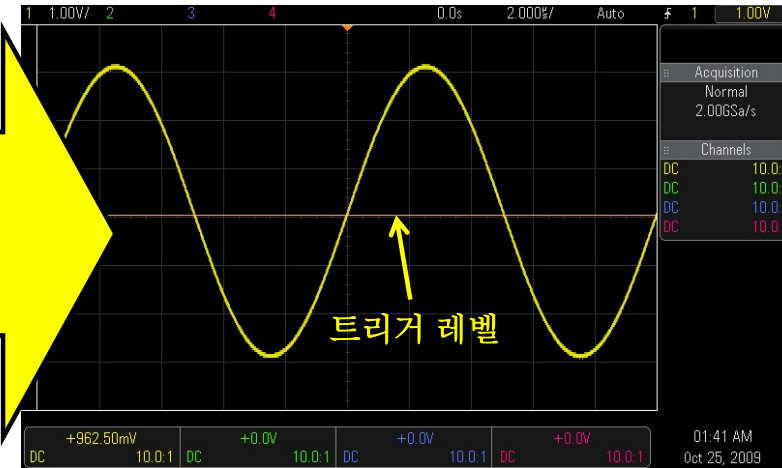


올바른 파형 스케일링

초기 설정 조건(예)



최적 설정 조건



- 파형이 화면의 대부분에 수직으로 채워질 때까지 **V/div** 노브를 조정합니다.
- 파형이 수직으로 중간에 배치될 때까지 수직 **위치** 노브를 조정합니다.
- 수평으로 몇 사이클만 표시될 때까지 **s/div** 노브를 조정합니다.
- 레벨이 수직으로 거의 파형 중간에 설정될 때까지 **트리거 레벨** 노브를 조정합니다.

스코프의 파형 스케일링을 설정하는 것은 원하는 "상" 이 화면에 표시될 때까지 전면 패널을 조정하는 반복 프로세스입니다.

오실로스코프 트리거링에 대한 이해

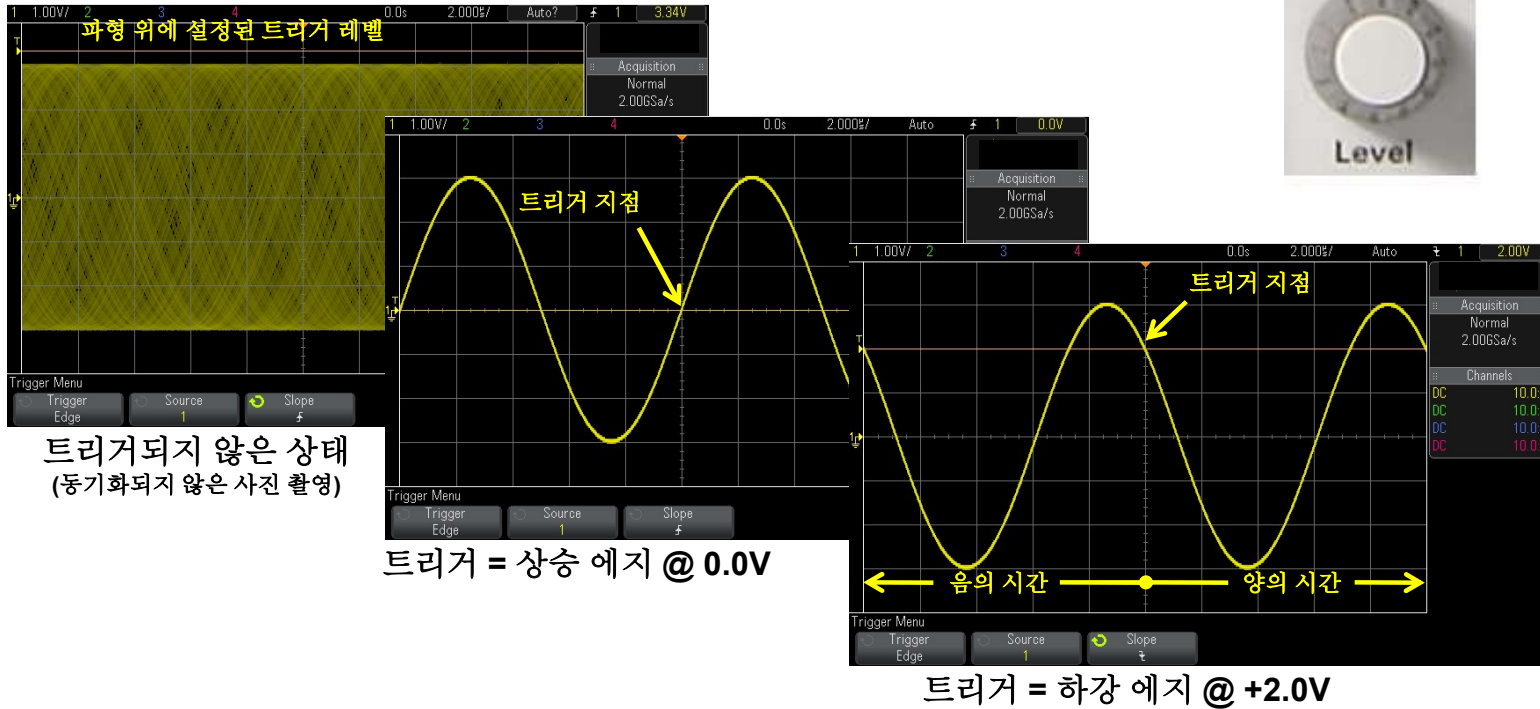
트리거링은 종종 스코프에서 이해하기 가장 어려운 기능이지만 여러분이 이해해야 하는 가장 중요한 기능 중 하나이기도 합니다.

- 오실로스코프 "트리거링"을 "동기화된 사진 촬영"이라고 생각하십시오.
- 하나의 파형 "사진"은 연속된 수많은 디지털화된 샘플로 구성됩니다.
- "사진 촬영"은 반복되는 파형에서 고유한 한 포인트에 동기화되어야 합니다.
- 대부분의 일반적인 오실로스코프 트리거링은 특정 전압 레벨에서 신호의 상승 또는 하강 에지에 대한 수집 동기화(사진 촬영)를 바탕으로 합니다.



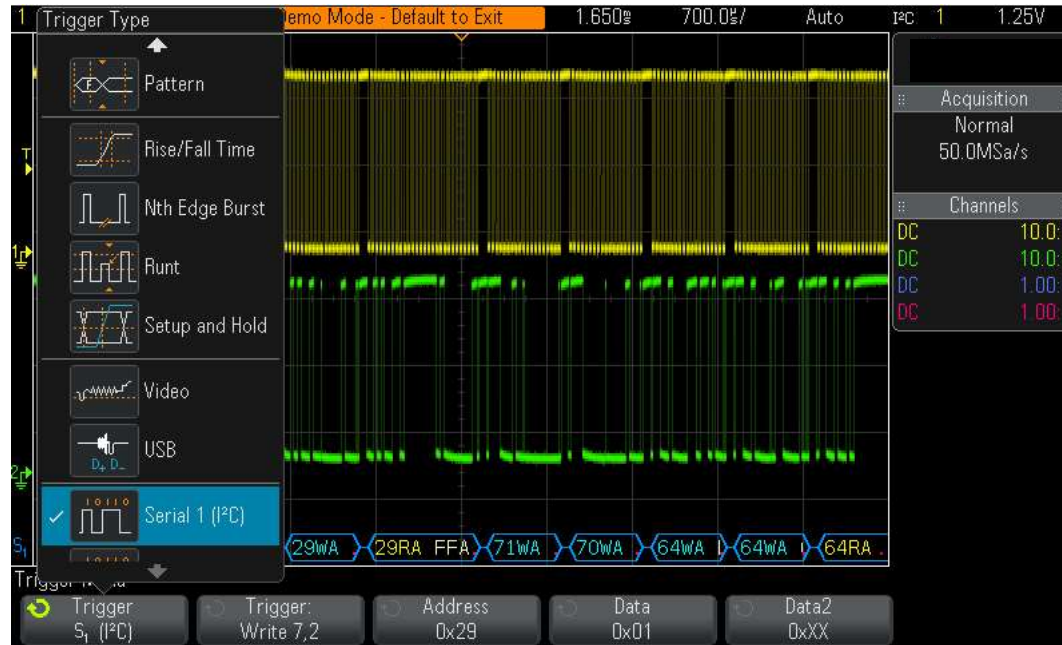
경마에서 사진 판정은 아날로그식 오실로스코프 트리거링이라고 할 수 있습니다.

트리거링 예



- DSO의 기본 트리거 위치(시간 0) = 중앙 화면(수평)
- 이전 아날로그 스코프의 유일한 트리거 위치 = 화면 왼쪽

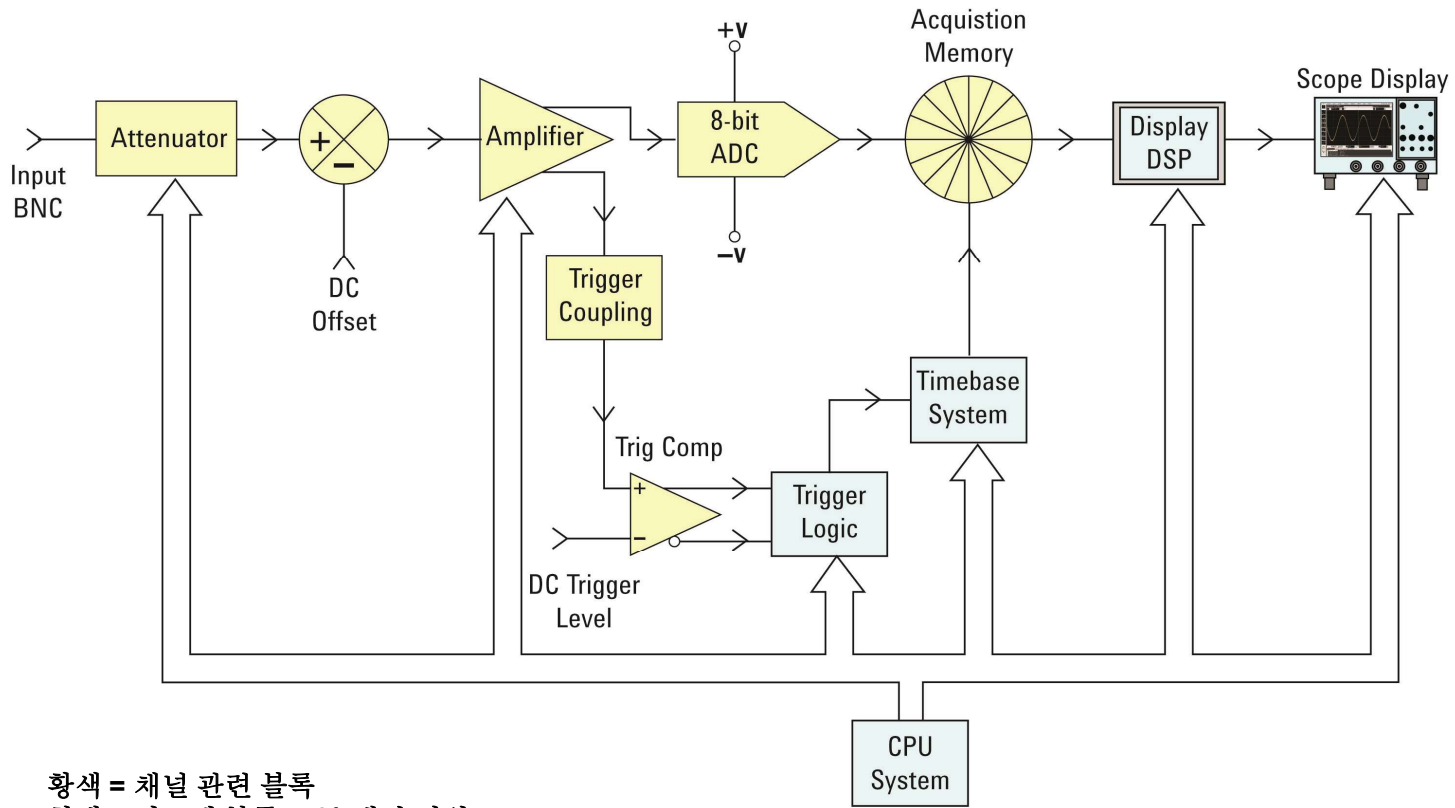
고급 오실로스코프 트리거링



예: I²C 직렬 버스에서 트리거링

- 학교 실험실에서 진행하는 실험의 대부분은 표준 "에지" 트리거링을 기반으로 합니다.
- 보다 복잡한 신호를 트리거링하려면 고급 트리거링 옵션이 필요합니다.

오실로스코프 조작 원리

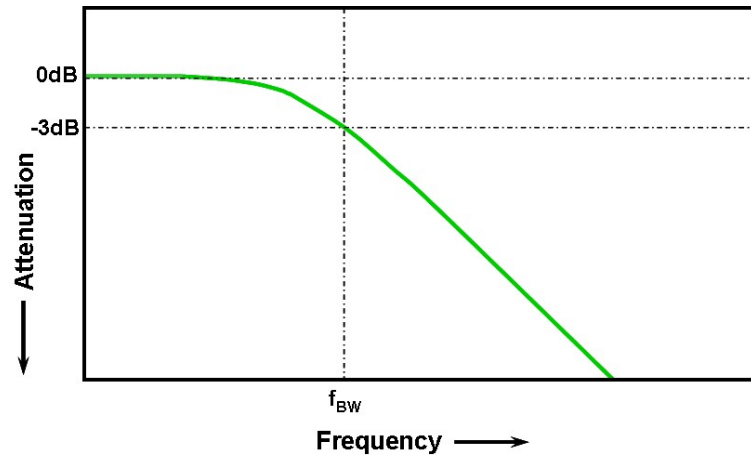


황색 = 채널 관련 블록
 청색 = 시스템 블록(모든 채널 지원)

DSO 블록 다이어그램

오실로스코프 성능 사양

"대역폭"은 오실로스코프에서 가장 중요한 사양입니다.



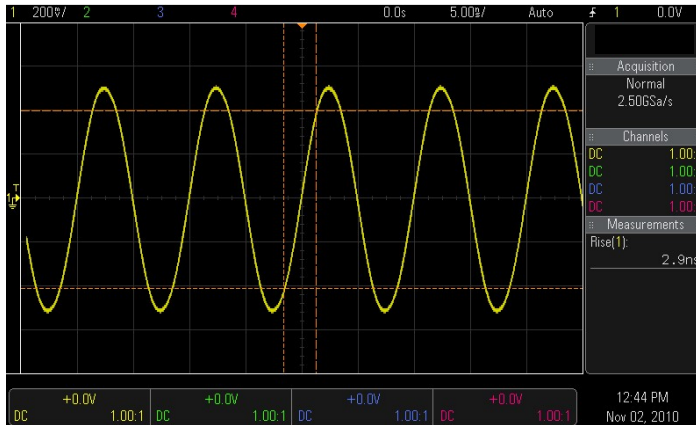
오실로스코프 "가우스"주파수 응답

- 모든 오실로스코프는 로우패스 주파수 응답을 보입니다.
- 입력 사인파가 3dB로 감쇠되는 주파수가 스크오프의 대역폭을 정의합니다.
- -3dB는 ~ -30% 진폭 오차와 같습니다($-3\text{dB} = 20 \text{ Log} \left(\frac{V_o}{V_i} \right)$).

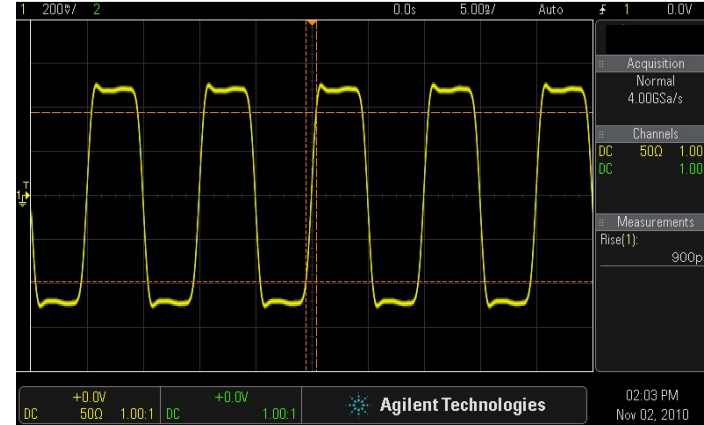
$$\frac{V_o}{V_i}$$

정확한 대역폭 선택

입력 = 100MHz 디지털 클럭



100MHz BW 스크프를 사용한 응답

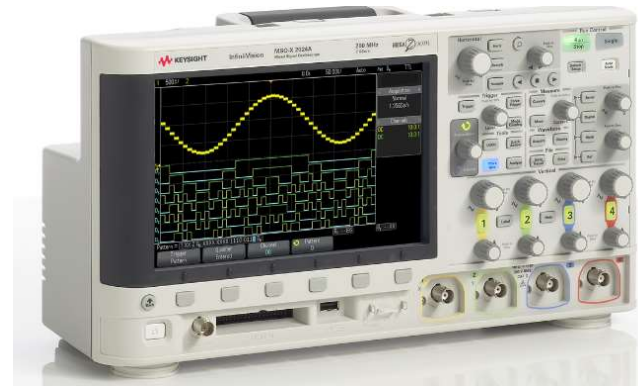


500MHz BW 스크프를 사용한 응답

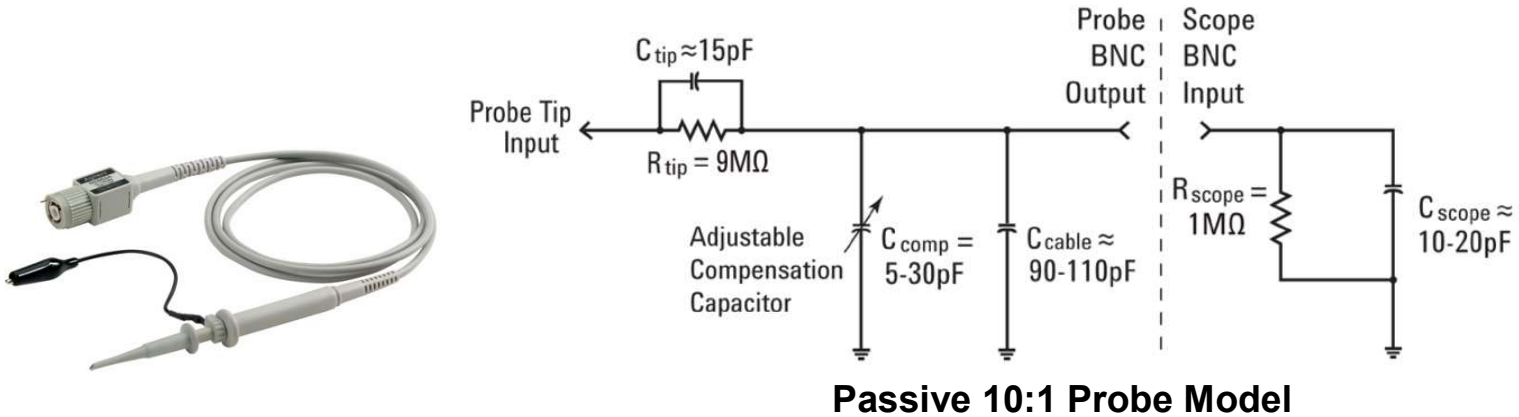
- 아날로그 어플리케이션에 필요한 BW: \geq 가장 높은 사인파 주파수의 3배
- 디지털 어플리케이션에 필요한 BW: \geq 가장 높은 디지털 클럭 속도의 5배
- 신호 에지 속도에 기반한 보다 정확한 BW 결정(프리젠테이션 끝 부분에 나와 있는 "대역폭" 어플리케이션 노트 참조)

기타 중요한 오실로스코프 사양

- 샘플링 속도 (초당 샘플 수) - $\geq 4X$ BW이어야 합니다.
- 메모리 깊이 - 스코프의 최대 샘플링 속도로 샘플링을 진행하는 동안 캡처할 수 있는 가장 긴 파형을 결정합니다.
- 채널 수 - 일반적으로 2 또는 4채널. MSO 모델은 1비트 해상도(하이 또는 로우)로 디지털 수집을 위한 8~32채널을 추가합니다.
- 파형 업데이트 속도 - 업데이트 속도가 빠를 수록 간헐적으로 발생하는 회로 문제를 캡처하는 능력이 향상됩니다.
- 디스플레이 품질 - 크기, 해상도, 명암 그라데이션 레벨 수.
- 고급 트리거 모드 - 시간이 제한된 펄스 폭, 패턴, 비디오, 직렬, 펄스 위반(에지 속도, 설정/유지 시간, 런트) 등



프로빙 - 다이내믹/AC 프로브 모델

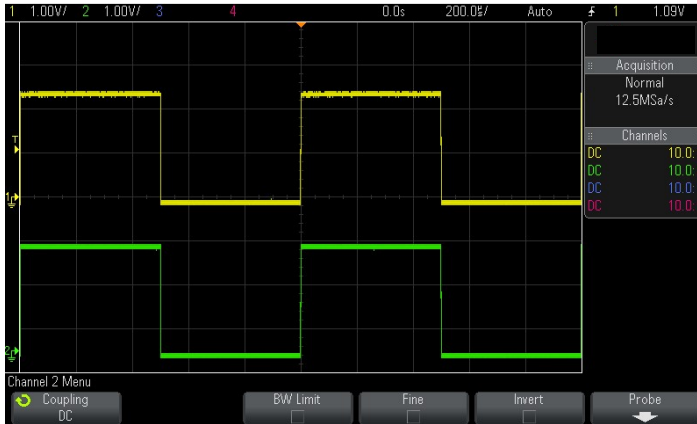


- C_{scope} 및 C_{cable} 은 고유/기생 캐패시턴스(의도적으로 설계하지 않음)
- C_{tip} 및 C_{comp} 는 C_{scope} 및 C_{cable} 을 보정하도록 의도적으로 설계되었습니다.
- 적절하게 조정된 프로브 보정에서 주파수 의존성 용량 리액턴스로 인한 다이내믹/AC 감쇠는 설계된 저항성 분압 감쇠(10:1)와 일치해야 합니다.

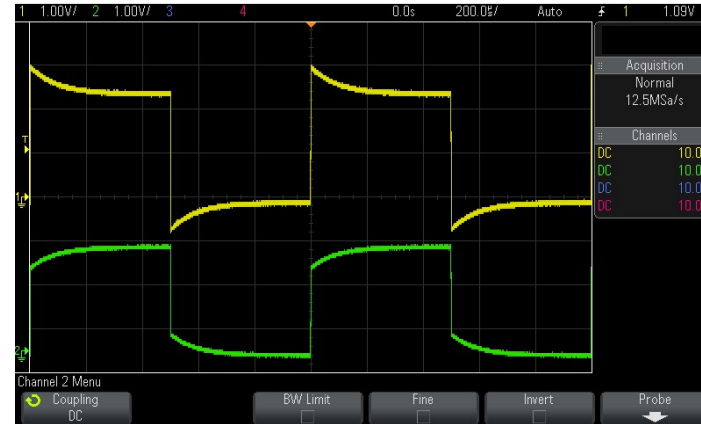
$$\frac{1}{2\pi f C_{tip}} = \frac{9}{2\pi f C_{parallel}}$$

여기서 $C_{parallel}$ 는 $C_{comp} + C_{cable} + C_{scope}$ 를 병렬 연결한 것입니다.

프로브 보정



올바른 보정

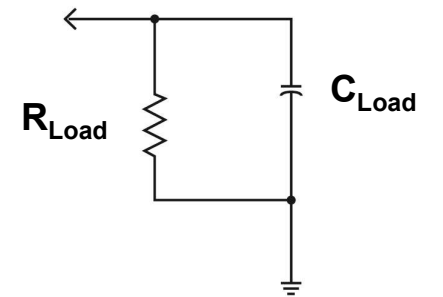


채널 1(황색) = 과보정된 상태
채널 2(녹색) = 보정이 부족한 상태

- 채널 1 및 채널 2 프로브를 "Probe Comp" 단자(Demo2와 동일)에 연결합니다.
- V/div 및 s/div 노브를 조정하여 화면에 두 파형을 표시합니다.
- 플랫폼(사각) 응답의 경우 소형 일자 드라이버를 사용하여 두 프로브에서 가변 프로브 보정 캐패시터 (C_{comp})를 조정합니다.

프로브 로딩

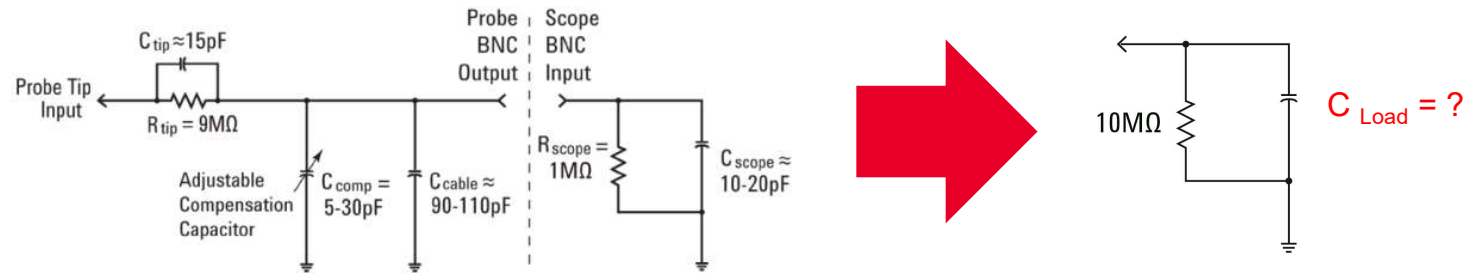
- 프로브와 스코프 입력 모델은 단일 저항 및 캐패시터로 간소화할 수 있습니다.



프로브 + 스코프 로딩 모델

- 회로에 연결된 모든 장비(스코프 포함)는 테스트 대상 회로의 일부가 되며 측정 결과에 영향을 주는 데 특히 고주파에서 두드러진 영향을 줍니다.
- "로딩"으로 인해 스코프/프로브가 회로의 성능에 부정적인 영향을 줄 수 있습니다.

과제



1. $C_{comp} = \underline{\hspace{2cm}}$, $C_{scope} = 15\text{pF}$, $C_{cable} = 100\text{pF}$ 및 $C_{tip} = 15\text{pF}$ 라고 가정하고 제대로 조정된 경우일 때 C_{comp} 를 계산하십시오. $C_{comp} = \underline{\hspace{2cm}}$
2. 계산된 C_{comp} 값을 사용하여 C_{Load} 를 계산하십시오. $C_{Load} = \underline{\hspace{2cm}}$
3. 계산된 C_{Load} 의 값을 사용하여 500MHz에서 C_{Load} 의 용량 리액턴스를 계산하십시오. $X_{C-Load} = \underline{\hspace{2cm}}$

오실로스코프 실험 가이드 및 자습서 사용하기

숙제-첫 번째 오실로스코프 실험 세션을 시작하기 전에 다음 단원을 잘 읽으시기 바랍니다.

단원 1 - 시작하기

- ✓ 오실로스코프 프로브
- ✓ 전면 패널에 익숙해지기

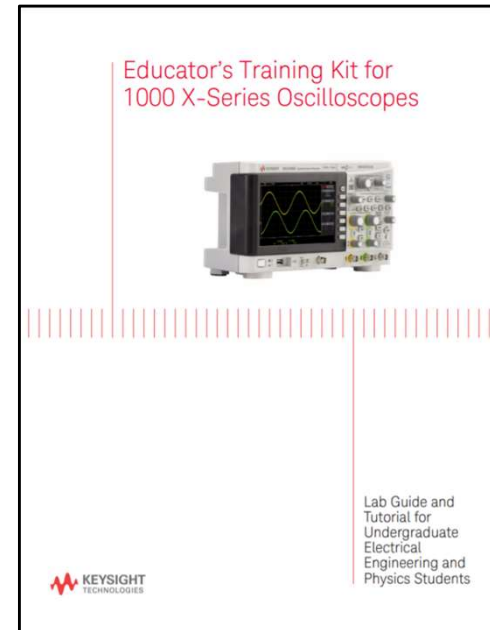
부록 A - 오실로스코프 블록 다이어그램 및 조작 원리

부록 B - 오실로스코프 대역폭 자습서

핸즈온 오실로스코프 실습

단원 2 - 오실로스코프의 기초 및 WaveGen 측정 실습(6개 개별 실험)

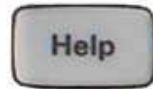
단원 3 -고급 오실로스코프 측정실습(9개의 옵션 실험, 강사가 배정 가능)



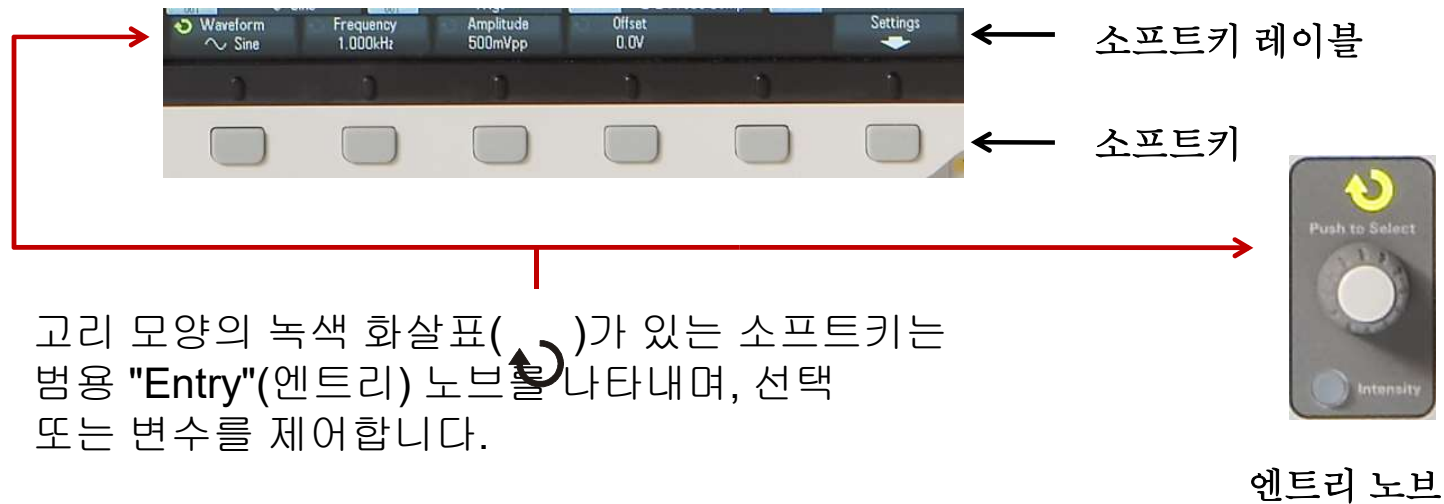
오실로스코프 실험 가이드 및 자습서
다운로드: www.Keysight.com/find/EDK

실험 가이드 지침을 따르는 방법

[Help](도움말)과 같이 대괄호 안에 굵게 표시된 단어는 전면 패널 키를 나타냅니다.



"소프트키"는 스크오프의 디스플레이 아래에 있는 6개의 키/버튼을 말합니다. 이러한 키의 기능은 선택한 메뉴에 따라 달라집니다.

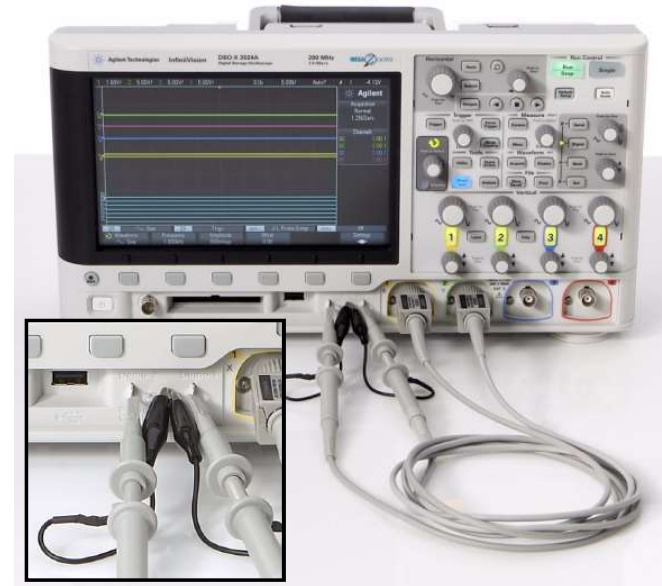


고리 모양의 녹색 화살표()가 있는 소프트키는 범용 "Entry"(엔트리) 노브를 나타내며, 선택 또는 변수를 제어합니다.

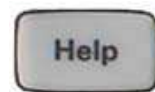
내장 교육용 신호 액세스

대부분의 오실로스코프 실험은 **DSOXEDK Educator's Training Kit** 옵션에 대한 라이선스가 있는 경우 **Keysight 2000** 또는 **3000 X** 시리즈 스코프에 내장된 다양한 교육용 신호를 사용하여 수행됩니다.

1. 스코프의 채널 1 입력 BNC와 "Demo1" 단자 사이에 프로브를 하나 연결합니다.
2. 스코프의 채널 2 입력 BNC와 "Demo2" 단자 사이에 또 다른 프로브를 연결합니다.
3. 두 프로브의 접지 클립을 중앙 접지 단자에 연결합니다.
4. **[Help]**(도움말)를 누른 다음 **Training Signals**(교육용 신호) 소프트웨어를 누릅니다.



10:1 패시브 프로브를 사용하여 교육용 신호 테스트 단자에 연결하기



Keysight Technologies에서 이용 가능한 추가 기술 자료

어플리케이션 노트	발행 #
Evaluating Oscilloscope Fundamentals (오실로스코프의 기초 평가)	5989-8064EN
Evaluating Oscilloscope Bandwidths for your Applications (용도에 따른 오실로스코프 대역폭 평가)	5989-5733EN
Evaluating Oscilloscope Sample Rates vs. Sampling Fidelity (오실로스코프의 샘플링 속도 대 샘플링 충실도 평가)	5989-5732EN
Evaluating Oscilloscopes for Best Waveform Update Rates (최적의 파형 업데이트 속도를 위한 오실로스코프 평가)	5989-7885EN
Evaluating Oscilloscopes for Best Display Quality (최적의 디스플레이 품질을 위한 오실로스코프 평가)	5989-2003EN
Evaluating Oscilloscope Vertical Noise Characteristics (오실로스코프의 수직 노이즈 특성 평가)	5989-3020EN
Evaluating Oscilloscopes to Debug Mixed-signal Designs (혼합 신호 설계 디버그를 위한 오실로스코프 평가)	5989-3702EN
Evaluating Oscilloscope Segmented Memory for Serial Bus Applications (직렬 버스 어플리케이션을 위한 오실로스코프의 세그먼트 메모리 평가)	5990-5817EN

<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/xxxx-xxxxEN.pdf>

"xxxx-xxxx" 위치에 발행 번호 삽입