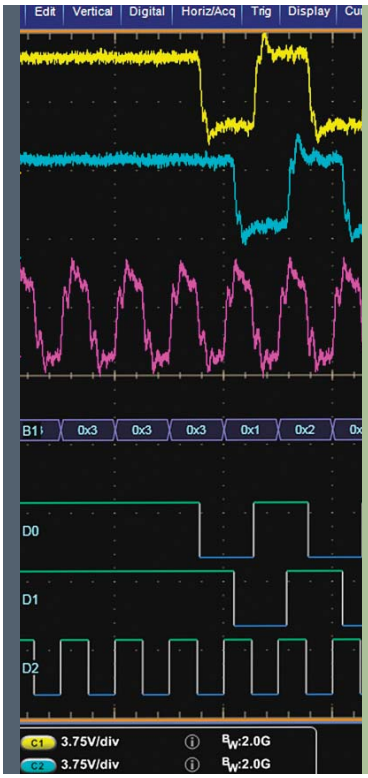


오실로스코프의 모든 것

입문서

Tektronix®

목차

소개 4

신호 무결성 ..... 5 - 6
신호 무결성의 중요성 5
왜 신호 무결성이 문제가 될까요? 5
디지털 신호의 아날로그 근원 확인 6

오실로스코프 ..... 7 - 12

파형 및 파형 측정의 이해 7
파동의 유형 8
사인파 9
사각파 및 직각파 9
톱니파 및 삼각파 9
스텝 및 펄스 형태 9
주기적 신호 및 비주기적 신호 9
동기 신호 및 비동기 신호 9
복합파 10
파형 측정 11
주파수 및 주기 11
전압 11
진폭 11
위상 11
디지털 오실로스코프를 사용한 파형 측정 12

오실로스코프의 유형 ..... 13 - 18
디지털 스토리지 오실로스코프 13
디지털 포스퍼 오실로스코프 15
혼합 도메인 오실로스코프 17
혼합 신호 오실로스코프 17
디지털 샘플링 오실로스코프 18

오실로스코프의 시스템 및 컨트롤 ..... 19 - 32
수직 시스템 및 컨트롤 20
위치 및 볼트 영역 20
입력 커플링 20
대역폭 제한 20
대역폭 확대 21
수평 시스템 및 컨트롤 21
획득 컨트롤 21
획득 모드 21
커먼 수평 컨트롤 21
획득 모드의 유형 22
획득 시스템의 시작 및 정지 22
샘플링 23
샘플링 컨트롤 23
실시간 샘플링 방식 23
등가 시간 샘플링 방식 25
위치 및 초 영역 27
시간축 선택 27
줌/팬 27
검색 27
XY 모드 27
Z축 27
XYZ 모드 (DPO 및 XYZ 레코드 디스플레이 포함) 27
트리거 시스템 및 컨트롤 28
트리거 위치 30
트리거 레벨 및 기울기 30
트리거 모드 31
트리거 커플링 31
트리거 홀드 오프 31
디스플레이 시스템 및 컨트롤 32
기타 오실로스코프 컨트롤 32
수학 및 측정 작업 32
디지털 타이밍 및 스테이트 획득 32

전체 측정 시스템 ..... 33 - 36
프로브 33
패시브 프로브 34
액티브 및 디퍼런셜 프로브 35
로직 프로브 35
스페셜 프로브 36
프로브 액세서리 36

성능 용어 및 고려 사항 ..... 36 - 43
대역폭 36
상승 시간 37
샘플링 속도 38
파형 캡처 속도 39
레코드 길이 39
트리거링 기능 40
유효 비트 40
주파수 응답 40
수직 감도 40
스위프 속도 40
게인 정확도 40
수평 정확도(시간축) 40
수직 분해능(아날로그-디지털 컨버터) 40
타이밍 분해능 (MSO) 41
연결 41
확장성 41
사용 편의성 43

오실로스코프 작동 ..... 44 - 45
적절한 접지 44
컨트롤 설정 44
측정 장비 켈리브레이션 45
프로브 연결 45
프로브 보상 45

오실로스코프 측정 기법 ..... 47 - 49
전압 측정 47
시간 및 주파수 측정 48
펄스 폭 및 상승 시간 측정 48
위상 변화 측정 49
기타 측정 기법 49

실습 예제 ..... 50 - 55
1부
A. 용어 연습 문제 50
B. 애플리케이션 연습 문제 51
2부
A. 용어 연습 문제 52
B. 애플리케이션 연습 문제 53
답안 55

용어집 ..... 55 - 59

소개

바다의 파도, 지진, 충격파, 폭발, 공기 중의 소리 이동, 움직이는 인체의 자연 주파수 등의 자연 현상은 사인파 형태로 움직입니다. 우리의 신체적 영역에는 에너지, 진동하는 입자 및 기타 보이지 않는 힘이 널리 퍼져 있습니다. 심지어 부분적으로 입자이면서 파동인 빛까지도 컬러로 관측할 수 있는 기본 주파수를 가지고 있습니다.

센서는 이러한 힘을 오실로스코프로 관찰 및 연구할 수 있는 전기 신호로 변환하는 역할을 합니다. 오실로스코프는 과학자, 엔지니어, 기술자, 교사 등 다양한 사용자가 장시간에 걸쳐 변하는 현상을 "관찰"할 수 있는 툴입니다.

오실로스코프는 전자 장비를 설계, 제조 또는 수리하는 모든 이에게 필수적인 툴입니다. 오늘날 급변하는 세계에서 엔지니어들은 측정 문제를 빠르고 정확하게 해결할 수 있는 최고의 툴이 필요합니다. 엔지니어의 관점에서 볼 때 오실로스코프는 오늘날의 까다로운 측정 문제를 해결하는 열쇠입니다.

오실로스코프는 전자 세계에서만 실용적인 것이 아닙니다. 오실로스코프와 적절한 센서를 함께 사용하면 모든 종류의 현상을 측정할 수 있습니다. 센서는 소리, 기계적 응력, 압력, 빛 또는 열과 같은 물리적 자극에 대응하여 전기 신호를 만들어내는 장치입니다. 한 예로 마이크는 소리를 전기 신호로 변환하는 센서입니다. 그림 1에 오실로스코프로 수집할 수 있는 과학 데이터의 예가 나와 있습니다.

오실로스코프는 물리학자부터 TV 수리 기술자에 이르는 모든 사용자에 의해 사용됩니다. 오토모티브 엔지니어는 오실로스코프를 사용하여 센서에서 수집한 아날로그 데이터를 엔진 제어 장치(ECU)의 시리얼 데이터와 상호 연계시키고, 의학 연구원은 오실로스코프를 통해 뇌파를 측정합니다. 오실로스코프의 가능성은 무한합니다.

본 입문서에서 다루는 내용은 오실로스코프의 기본 사항과 조작을 이해하는 데 적합합니다.

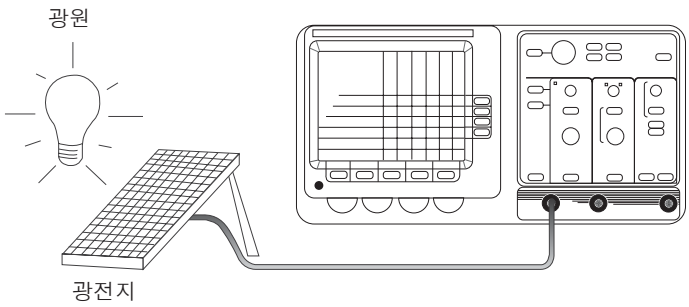


그림 1. 오실로스코프를 사용한 과학 데이터 수집의 예

본 입문서의 뒷부분에는 생소한 용어들을 정의한 용어집이 제공됩니다. 본 입문서의 용어집과 오실로스코프의 원리 및 제어에 관한 객관식 연습 문제는 유용한 학습 교재로 활용할 수 있습니다. 수학이나 전자 관련 지식은 필요하지 않습니다.

본 입문서를 통해 다음을 할 수 있습니다.

- 오실로스코프의 작동 원리를 설명할 수 있습니다.
- 다양한 종류의 오실로스코프의 차이점을 설명할 수 있습니다.
- 전기 파형의 종류를 설명할 수 있습니다.
- 기본적인 오실로스코프 조작법을 이해할 수 있습니다.
- 간단한 측정을 수행할 수 있습니다.

오실로스코프와 함께 제공되는 설명서에 오실로스코프를 업무에 활용하는 방법이 더 자세하게 설명되어 있습니다. 또한 일부 오실로스코프 제조사는 사용자의 적용 분야에 따라 오실로스코프를 최적화할 수 있도록 다수의 애플리케이션 노트를 제공하기도 합니다.

추가적인 지원이 필요하거나 본 입문서에 수록된 자료에 대한 의견 또는 궁금한 사항은 텍트로닉스에 문의하거나 **www.tektronix.co.kr** 사이트를 참조하십시오.

신호 무결성

신호 무결성의 중요성

탁월한 오실로스코프 시스템의 핵심은 신호 무결성이라 불리는 파형을 정확하게 재구성하는 기능입니다. 오실로스코프는 사용자가 관찰 및 해석할 수 있도록 신호 이미지를 캡처하는 카메라와 유사합니다. 신호 무결성의 핵심에는 두 가지 중요한 문제가 있습니다.

- 찍은 사진에 실제로 일어난 일이 정확하게 반영되었는가?
- 사진이 선명한가, 아니면 흐릿한가?
- 정확한 사진을 초당 몇 장 찍을 수 있는가?

오실로스코프의 다양한 시스템과 성능이 결합되어 가능한 최상의 신호 무결성을 제공할 수 있습니다. 프로브 또한 측정 시스템의 신호 무결성에 영향을 줍니다.

신호 무결성은 여러 전자 설계 규칙에 영향을 주긴 하지만, 몇 년 전까지만 해도 디지털 설계자에게는 그리 큰 문제가 되지 않았습니다. 자신들의 로직 설계가 논리 연산 회로와 같이 작동하리라 확신했기 때문입니다. 노이즈가 많고 불명확한 신호는 고속 설계에서 발생하는 것으로 RF 설계자가 걱정해야 할 문제였습니다. 디지털 시스템은 느리게 전환되었으며 신호도 예상대로 안정화되었습니다.

이후 프로세서 클럭 속도가 기하급수적으로 빨라져 3D 그래픽, 비디오 및 서버 I/O와 같은 컴퓨터 애플리케이션은 막대한 대역폭을 요구합니다. 현재 통신 장비 대부분이 디지털 방식이며 역시 많은 대역폭을 필요로 합니다. HD(디지털 고화질) TV 또한 마찬가지입니다. 최근의 마이크로프로세서 장치들은 최대 2GS/s, 3GS/s 또는 5GS/s(초당 기가 샘플 수)의 속도로 데이터를 처리하며, 일부 DDR3 메모리 장치는 2GHz가 넘는 클럭과 35ps 상승 시간의 데이터 신호를 사용합니다.

중요한 점은 몇 개만 예를 들자면, 자동차, VCR, 기계 컨트롤러 등에 사용되는 공용 IC 장치의 경우 속도 증가가 느리게 진행되었습니다.

20MHz의 클럭 속도로 작동하는 프로세서도 800MHz 프로세서와 유사한 상승 시간의 신호를 가질 수 있습니다. 설계자들은 성능 임계값을 통과해왔으며, 이는 사실상 거의 모든 설계가 고속 설계임을 의미합니다.

어떠한 예방 조치가 없다면 고속 문제는 그 외 일반적인 디지털 설계에도 영향을 미칠 수 있습니다. 회로에 간헐적인 오류가 발생하거나 극한의 전압 및 온도에서 오류가 발생한 경우, 숨겨진 신호 무결성 문제가 있을 가능성이 높습니다. 이는 제품화 기간, 제품 신뢰성, EMI 적합성 등에 영향을 줄 수 있습니다. 또한 이러한 고속 문제는 시스템에서 시리얼 데이터 스트림의 무결성에 영향을 줄 수 있으므로 데이터 내의 특정 패턴을 관찰된 고속 파형의 특성과 상호 연계할 수 있는 방식이 필요합니다.

왜 신호 무결성이 문제가 될까요?

최신 디지털 설계의 신호 저하에 대한 구체적인 원인을 몇 가지 알아보겠습니다. 이러한 문제가 몇 년 전에 비해 더 널리 확산된 이유는 무엇일까요?

해답은 속도입니다. "예전의 느린 시기"에는 적절한 신호 무결성을 유지하는 것이 곧 클럭 분산, 신호 경로 설계, 노이즈 마진, 부하 효과, 전송 라인 효과, 버스 종단, 디커플링 및 전력 분산과 같은 세부 사항에 주의를 기울이는 것이었습니다. 이러한 모든 규칙이 아직까지 적용되는 것은 사실입니다.

하지만 버스 사이클 시간은 20년 전보다 최대 1,000배 빨라졌습니다! 예전에는 전송이 마이크로초 단위로 일어났지만 오늘날에는 나노초 단위로 측정됩니다. 이러한 발전을 이루기 위해 에지 속도 또한 가속화되었으며, 20년 전에 비해 최대 100배 빨라졌습니다.

이는 모두 좋은 현상이지만 일정한 물리적 현실로 인해 회로 보드 기술이 보조를 맞추지 못하게 되었습니다. 칩 간 버스의 전파 시간은 지난 수십 년간 거의 변화하지 않았습니다. 확실히 외형적으로는 축소되었지만 아직까지 IC 장치, 커넥터, 수동 컴포넌트뿐 아니라 버스 트레이스 자체를 위한 회로 보드 면적이 필요합니다. 이러한 면적은 거리로 이어지며, 거리는 속도의 적인 시간을 의미합니다.

디지털 신호의 에지 속도(상승 시간)는 그 반복 속도가 의미하는 것보다 훨씬 높은 주파수 성분을 전달할 수 있음을 명심해야 합니다. 이러한 이유로 일부 설계자는 고의로 상승 시간이 비교적 "느린" IC 장치를 찾기도 합니다.

집중 회로 모델은 항상 회로 내에서 신호의 동작을 예측하는 데 사용되는 계산 대부분의 기초였습니다. 하지만 에지 속도가 신호 경로 지연보다 4배 ~ 6배 이상 빠를 경우 간단한 집중 모델이 더 이상 적용되지 않습니다.

4 ~ 6나노초 미만의 에지 속도를 가지는 신호로 작동할 때 단 6인치 길이의 회로 보드 트레이스도 사이클 속도에 관계없이 전송 라인이 됩니다. 실제로는 새로운 신호 경로가 만들어집니다. 이처럼 파악하기 힘든 연결이 회로도에 나타나지는 않지만 예측할 수 없는 방법으로 다른 신호에 영향을 주기도 합니다.

때로는 프로브/계측기 조합으로 인한 오류까지도 측정되는 신호에 상당한 영향을 줄 수 있습니다. 하지만 측정된 값에 "제곱합평방근(SRSS)" 공식을 적용하면 테스트 대상 장치가 상승/하강 시간 결함에 근접하고 있는지 여부를 판단할 수 있습니다. 더불어, 최근의 오실로스코프 툴은 특별한 필터링 기법을 사용하여 신호에 대한 측정 시스템의 영향을 분리하고 에지 시간과 다른 신호 특성을 표시합니다.

동시에, 원하는 신호 경로 또한 예정된 대로 작동하지 않습니다. 앞서 설명한 신호 트레이스와 마찬가지로 접지면과 전력면이 유도 상태가 되어 전송 라인과 같이 작동하므로 파워 공급 장치 디커플링의 효율성이 크게 떨어집니다. 빨라진 에지 속도로 버스 길이에 비해 짧은 파장이 생기므로 EMI도 높아집니다. Crosstalk도 증가됩니다.

또한 일반적으로 빠른 에지 속도를 만들려면 높은 전류가 필요합니다. 높은 전류는 접지 바운스를 일으키기 쉬우며, 많은 신호가 한 번에 전환되는 광대역 버스에서 특히 그렇습니다. 더구나 전류가 높으면 방사 자기 에너지의 양과 함께 Crosstalk도 늘어납니다.

디지털 신호의 아날로그 근원 확인

이러한 특성의 공통점은 무엇일까요? 모두 전형적인 아날로그 현상이라는 점입니다. 신호 무결성 문제를 해결하려면 디지털 설계자도 아날로그 영역에 발을 들여 놓아야 합니다. 그러기 위해서는 디지털 신호와 아날로그 신호가 어떻게 상호 작용하는지 보여 주는 툴이 필요합니다.

때로 디지털 오류의 원인이 아날로그 신호 무결성 문제에 있는 경우도 있습니다. 디지털 결함의 원인을 추적하려면 대개 파형 세부 정보, 에지 및 노이즈를 표시하고, 이상신호를 감지 및 표시하며, 셋업 & 홀드 시간과 같은 타이밍 관계를 정밀하게 측정할 수 있는 오실로스코프가 필요합니다. 최신 오실로스코프는 시리얼 데이터 스트림에서 특정 패턴을 트리거링하고, 지정한 이벤트에 시기 적절하게 응답하는 아날로그 신호를 표시함으로써 문제 해결 과정을 간소화하는 데 도움이 됩니다.

오실로스코프의 각 시스템과 적용 방법을 이해하면 특정 측정 문제를 다루는 데 오실로스코프를 효과적으로 활용할 수 있습니다.

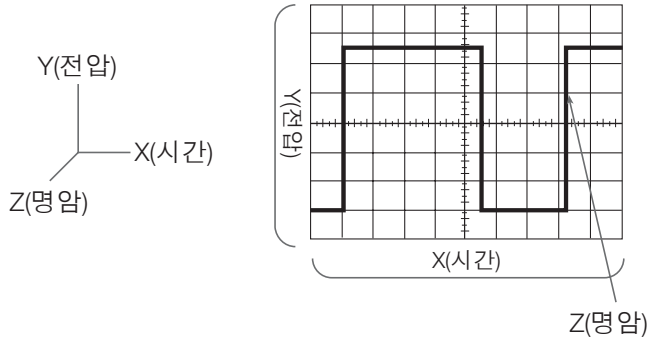


그림 2. 표시된 파형의 X, Y, Z축 컴포넌트

오실로스코프

오실로스코프란 무엇이며 어떻게 작동할까요? 본 절에서는 이러한 기본적인 질문에 대한 답을 제시합니다.

오실로스코프는 기본적으로 그래프 디스플레이 장치로 전기 신호의 그래프를 그리는 장치입니다. 대부분의 경우 그래프는 신호가 시간에 따라 어떻게 변하는지를 표시하며, 세로(Y) 축은 전압을, 가로(X) 축은 시간을 나타냅니다. 디스플레이의 명암 또는 밝기는 Z축이라고도 불립니다(그림 2참조). DPO 오실로스코프의 경우 디스플레이의 컬러 그레이딩으로 Z축을 나타낼 수 있습니다(그림 3 참조).

그래프가 간단해 보여도 여기에는 다음과 같이 신호와 관련된 많은 내용이 포함되어 있습니다.

- 신호의 시간 및 전압 값
- 진동하는 신호의 주파수
- 신호로 표현되는 회로의 "작동 부분"
- 다른 부분에 비해 신호가 발생하는 특정 부분의 주파수
- 오작동하는 컴포넌트로 인해 신호가 왜곡되는지 여부
- 신호 중 직류(DC) 또는 교류(AC)의 양
- 신호 중 노이즈의 양 및 시간에 따라 노이즈가 변하는지 여부

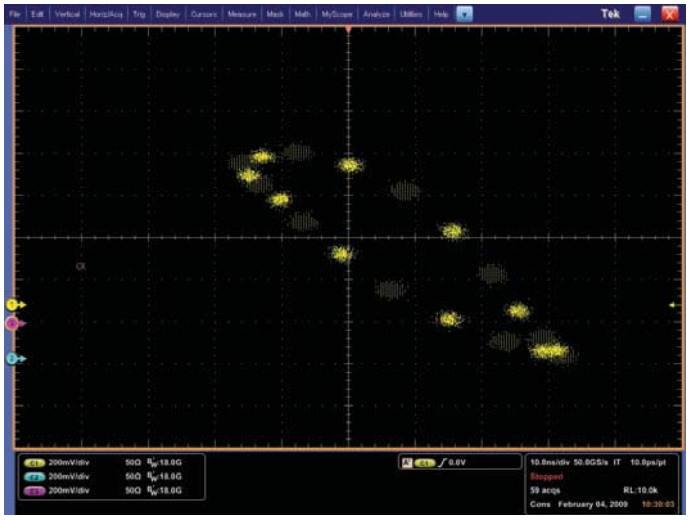


그림 3. Z축 명암 그레이딩이 적용된 2개의 오프셋 클럭 패턴

파형 및 파형 측정의 이해

시간에 따라 반복되는 패턴을 가리키는 일반적인 용어는 파동입니다. 음파, 뇌파, 파도, 전압파 등도 모두 반복적인 패턴입니다. 오실로스코프는 이 중 전압파를 측정합니다. 앞서 설명했듯이, 진동이나 온도와 같은 물리 현상 또는 전류나 전력과 같은 전기 현상은 센서를 통해 전압으로 변환될 수 있습니다. 파동의 한 사이클은 반복되는 파동의 부분입니다. 파형이란 파동을 그래픽으로 나타낸 것입니다. 전압 파형은 가로축에 시간, 세로축에 전압의 형태로 표시됩니다.

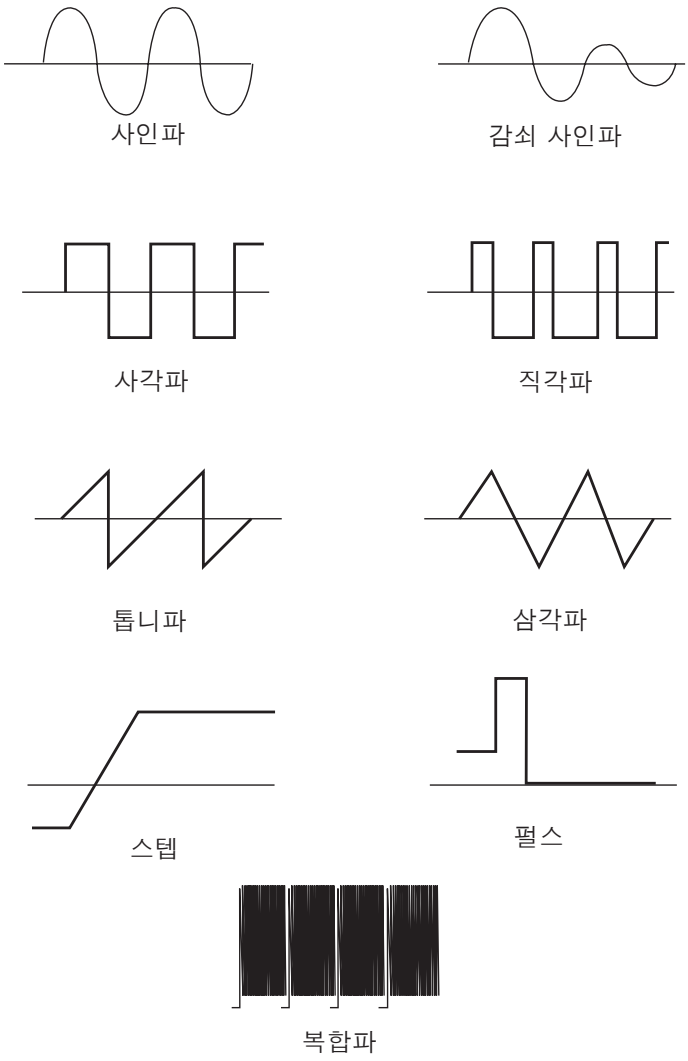


그림 4. 일반적인 파형

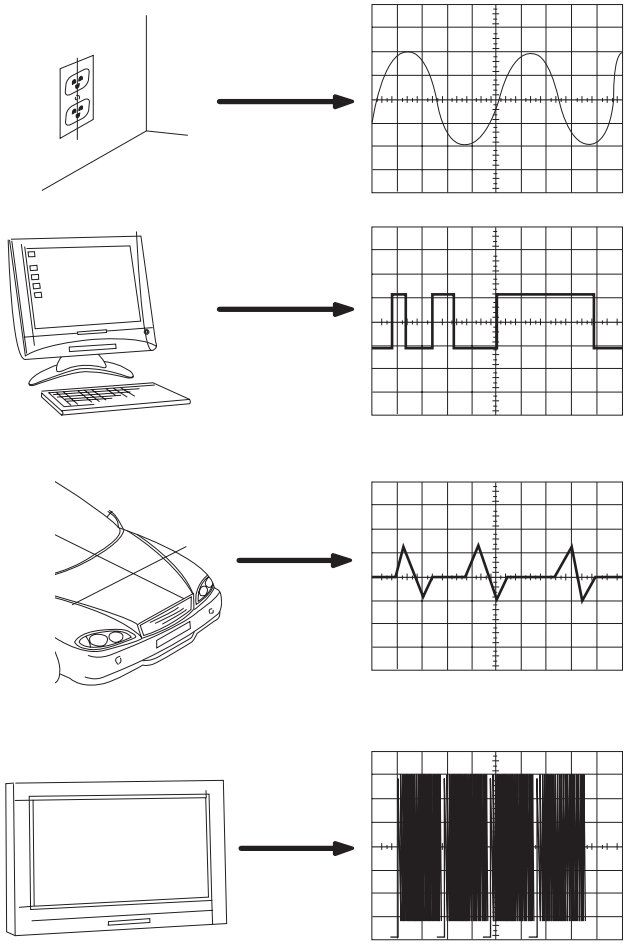


그림 5. 일반적인 파형의 소스

파형의 모양으로 신호에 대해 많은 것을 알 수 있습니다. 파형의 높이가 변하면 전압이 변화했다는 뜻입니다. 또한 평평한 수평선이 있다면 해당 시간 동안 변화가 없었다는 것을 알 수 있습니다. 곧은 대각선은 선형적인 변화 즉, 일정한 비율로 전압이 상승 또는 하강함을 의미합니다. 파형의 날카로운 각은 급격한 변화를 나타냅니다. 그림 4에는 일반적인 파형이, 그림 5에는 일반적인 파형의 소스가 나와 있습니다.

파동의 유형

대부분의 파동은 다음과 같은 유형으로 분류할 수 있습니다.

- 사인파
- 사각파 및 직각파
- 삼각파 및 톱니파
- 스텝 및 펄스 형태
- 주기적 신호 및 비주기적 신호
- 동기 신호 및 비동기 신호
- 복합파

사인파

사인파는 여러 가지 이유에서 기초적인 파형이며, 균형 잡힌 수학적 특성을 가집니다. 즉, 여러분이 고등학교 삼각함수 시간에 배운 것과 같은 사인 형상입니다. 가정의 전원 콘센트에서 나오는 전압도 사인파로 변화합니다. 오실레이터 회로에서 발생되는 테스트 신호도 대개 사인파입니다. 대부분의 AC 전원은 사인파를 만들어냅니다. (전압도 교차하는 성질을 가지지만 교류(AC)란 교차하는 전류를 의미합니다. 직류(DC)는 "direct current"의 약어로 배터리에서 생성되는 것과 같은 일정한 전류와 전압을 의미합니다.)

감쇠 사인파는 진동하는 회로에서 볼 수 있는 특별한 경우이며, 시간이 지나면서 사라집니다.

사각파 및 직각파

사각파 또한 흔히 볼 수 있는 파형입니다. 기본적으로 사각파는 일정한 간격으로 켜지고 꺼지는(또는 올라가고 내려가는) 전압입니다. 사각파는 증폭기 테스트의 표준으로 사용되는 파동으로, 사각파의 진폭을 최소한의 왜곡으로 증가시키면 좋은 증폭기라고 할 수 있습니다. 일반적으로 TV, 라디오, 컴퓨터 회로에서 타이밍 신호에 사각파를 사용합니다.

직각파는 사각파와 유사하지만 고저 시간 간격의 길이가 다른 파형으로, 디지털 회로를 분석할 때 특히 중요합니다.

톱니파 및 삼각파

톱니파 및 삼각파는 아날로그 오실로스코프의 수평 스위프 또는 TV의 래스터 스캔 등과 같이 전압을 선형적으로 제어하도록 설계된 회로에서 발생합니다. 톱니파와 사각파의 전압 레벨 간 트랜지션은 일정한 속도로 변화하며, 이러한 트랜지션을 램프라고 부릅니다.

스텝 및 펄스 형태

드물게 혹은 단속적으로 발생하는 스텝 및 펄스와 같은 신호를 1회성 또는 이상신호라고 부릅니다. 스텝은 전원 스위치를 켤 때 일어나는 전압 변화와 유사한 전압의 급격한 변화를 나타냅니다.

펄스는 전원 스위치를 켰다가 다시 끌 때 일어나는 전압 변화와 유사한 전압의 급격한 변화를 나타냅니다. 펄스는 한 비트의 정보가 컴퓨터 회로를 통해 이동하는 것을 나타내거나 회로의 글리치 또는 결함을 의미할 수도 있습니다. 일련의 펄스가 함께 이동하는 현상을 펄스 트레인이라 부릅니다. 컴퓨터 내의 디지털 컴포넌트는 서로 펄스를 사용하여 통신합니다. 이러한 펄스는 시리얼 데이터 스트림 형식일 수 있으며, 여러 개의 신호선을 사용하여 패럴렐 데이터 버스에서 하나의 값을 나타낼 수도 있습니다. 펄스는 또한 엑스레이와 통신 장비에서 흔히 사용됩니다.

주기적 신호 및 비주기적 신호

반복적인 신호는 주기적 신호라 부르며, 계속 변하는 신호는 비주기적 신호라 부릅니다. 주기적 신호는 정지 영상과 같고, 비주기 신호는 동영상에 비유할 수 있습니다.

동기 신호 및 비동기 신호

두 신호 사이에 타이밍 관계가 존재할 경우 이러한 신호를 동기라고 부릅니다. 동기 신호의 예는 컴퓨터의 클럭, 데이터 및 주소 신호 등입니다.

비동기란 신호 사이에 타이밍 관계가 존재하지 않는 경우에 사용되는 용어입니다. 컴퓨터 키보드의 키를 누르는 행동과 컴퓨터 내부 클럭 사이에는 시간 상관 관계가 존재하지 않으므로 비동기라고 할 수 있습니다.

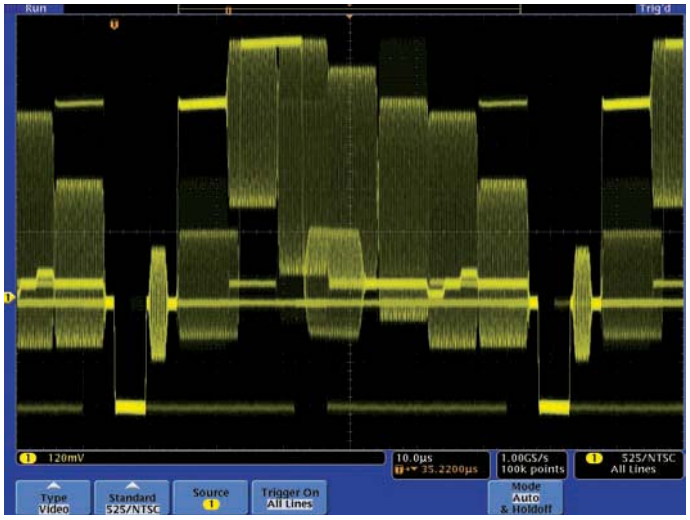


그림 6. NTSC 컴포지트 비디오 신호 - 복합파의 예

그림 7. 622Mb/s 시리얼 데이터의 아이 패턴

복합파

일부 파형은 사인파, 사각파, 스텝 및 펄스의 특성이 혼합되어 많은 오실로스코프에 난제가 되는 파형을 만들어냅니다. 이러한 신호 정보는 진폭, 위상 및/또는 주파수 변동의 형태에 내재될 수 있습니다. 예를 들어, 그림 6의 신호는 일반적인 컴포지트 비디오 신호로, 저주파 엔벨로프에 내재된 다수의 고주파 파형 사이클로 구성되어 있습니다.

이 경우에는 일반적으로 스텝의 상관 관계와 타이밍 관계를 이해하는 것이 가장 중요합니다. 이러한 신호를 확인하려면 저주파 엔벨로프를 캡처하고 고주파 파동과 명암 그레이딩 방식으로 혼합하여 전체 조합을 시각적으로 해석 가능한 이미지로 표현할 수 있는 오실로스코프가 필요합니다. 그림 6에 나온 비디오 신호와 같은 복합파를 확인하는 데에는 디지털 포스퍼 오실로스코프가 가장 적합합니다. 디지털 포스퍼 오실로스코프의 디스플레이는 파형의 실제 움직임을 이해하는 데 필수적인 발생 주파수 정보 또는 명암 그레이딩을 제공합니다.

일부 오실로스코프는 특정 유형의 복합파를 특별한 방식으로 표시할 수 있습니다. 예를 들어, 통신 데이터의 경우 아이 패턴 또는 컨스털레이션 다이어그램으로 표시될 수 있습니다.

통신 디지털 데이터 신호는 오실로스코프에서 아이 패턴이라 불리는 특별한 유형의 파형으로 표시될 수 있습니다. 그림 7에서와 같이 파형이 마치 여러 개의 눈과 닮아 아이 패턴이라고 부르게 되었습니다. 아이 패턴은 리시버의 디지털 데이터를 샘플링하고 수직 입력에 적용함으로써 만들어지며, 이 때 수평 스위프를 트리거하는 데 데이터 속도가 사용됩니다. 아이 패턴은 하나의 포괄적인 화면에 1비트 또는 단위 시간의 데이터와 가능한 모든 에지 트랜지션 및 상태를 중첩 표시합니다.

컨스털레이션 다이어그램은 QAM(직교 진폭 변조) 또는 PSK(위상 변화 키잉)와 같은 디지털 변조 체계를 통해 변조된 신호를 나타냅니다.

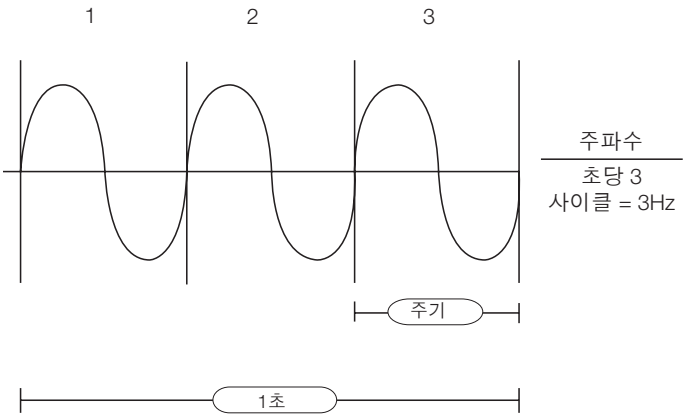


그림 8. 사인파의 주파수 및 주기

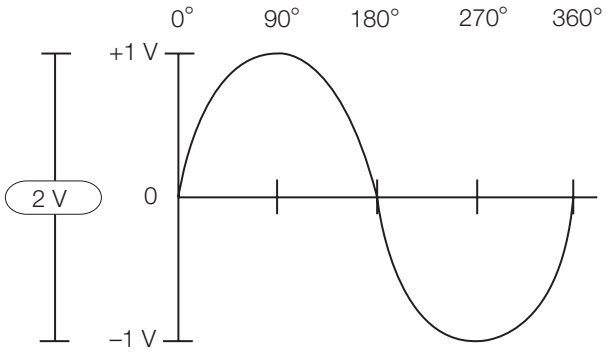


그림 9. 사인파의 진폭 및 각도

파형 측정

오실로스코프로 실행할 수 있는 측정 유형을 설명하는 데에는 다양한 용어가 사용됩니다. 본 절에서는 가장 흔히 사용되는 몇 가지 측정 및 용어에 대해 설명합니다.

주파수 및 주기

반복되는 신호에는 주파수가 있습니다. 주파수는 헤르츠(Hz) 단위로 측정되며, 1초에 신호가 반복되는 횟수 즉, 초당 사이클과 같은 의미입니다. 반복되는 신호에는 주기도 있으며, 이는 신호가 한 사이클을 완료하는 데 걸리는 시간입니다. 주기와 주파수는 서로 반비례하므로, 1/주기는 주파수이고 1/주파수는 주기입니다. 예를 들어 그림 10에 나온 사인파의 주파수는 3Hz이고 주기는 1/3초입니다.

전압

전압이란 회로에서 두 지점 사이의 전기적 전위차 또는 신호 강도를 의미합니다. 일반적으로 두 지점 중 하나는 접지 즉, 0V이지만 항상 그런 것은 아닙니다. 전압은 대개 파형의 최대 피크부터 최소 피크까지의 전압을 측정하며, 이를 피크 대 피크 전압이라고 합니다.

진폭

진폭이란 회로 내 두 지점 사이의 전압 양을 의미합니다. 진폭은 흔히 접지 또는 0V에서 측정한 신호의 최대 전압을 가리킵니다. 그림 9에 나온 파형의 진폭은 1V이며, 피크 대 피크 전압은 2V입니다.

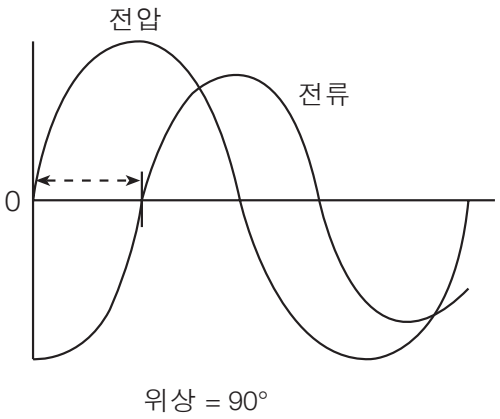


그림 10. 위상 변화

위상

위상은 사인파에서 가장 잘 설명됩니다. 사인파의 전압 레벨은 원형 운동을 바탕으로 변화합니다. 원이 360° 이므로 사인파의 한 사이클도 그림 9와 같이 360°입니다. 주기가 어느 정도 경과되었는지 밝히려는 경우 각도를 사용하여 사인파의 위상각을 통해 확인할 수 있습니다.

위상 변화란 유사한 두 신호 간의 타이밍 차이를 의미합니다. 그림 10에서 "전류"라고 표시된 파형은 "전압"이라 표시된 파형에 대해 위상이 90° 벗어난 상태라고 말하며, 각 파형은 정확히 1/4 사이클 간격으로 사이클의 같은 지점에 도달합니다(360°/4 = 90°). 위상 변화는 전자 공학에서 흔한 현상입니다.

디지털 오실로스코프를 사용한 파형 측정

최신 디지털 오실로스코프에는 파형을 더욱 쉽게 측정할 수 있는 기능이 있습니다. 전면부 버튼 및/또는 화면에 표시되는 메뉴에서 완전 자동화된 측정 기능을 선택할 수 있습니다. 지원되는 기능은 진폭, 주기, 상승/하강 시간 등 다양합니다. 많은 디지털 계측기는 또한 평균 및 RMS 계산, 듀티 사이클 및 기타 수학 연산 기능도 제공합니다. 자동 측정 결과는 화면에 영숫자 판독치로 나타납니다. 일반적으로 영숫자 판독치가 직접 눈금을 해석하는 것보다 더 정확합니다.

완전 자동화된 파형 측정 기능의 예:

- 주기
- 주파수
- 폭 +
- 폭 -
- 상승 시간
- 하강 시간
- 진폭
- 소광비
- 평균 광출력
- 듀티 사이클 +
- 듀티 사이클 -
- 지연
- 위상
- 버스트 폭
- 피크 대 피크
- 평균
- 사이클 평균
- 사이클 면적
- 높음
- 낮음
- 최소
- 최대
- 오버슈트 +
- 오버슈트 -
- RMS
- 사이클 RMS
- 지터

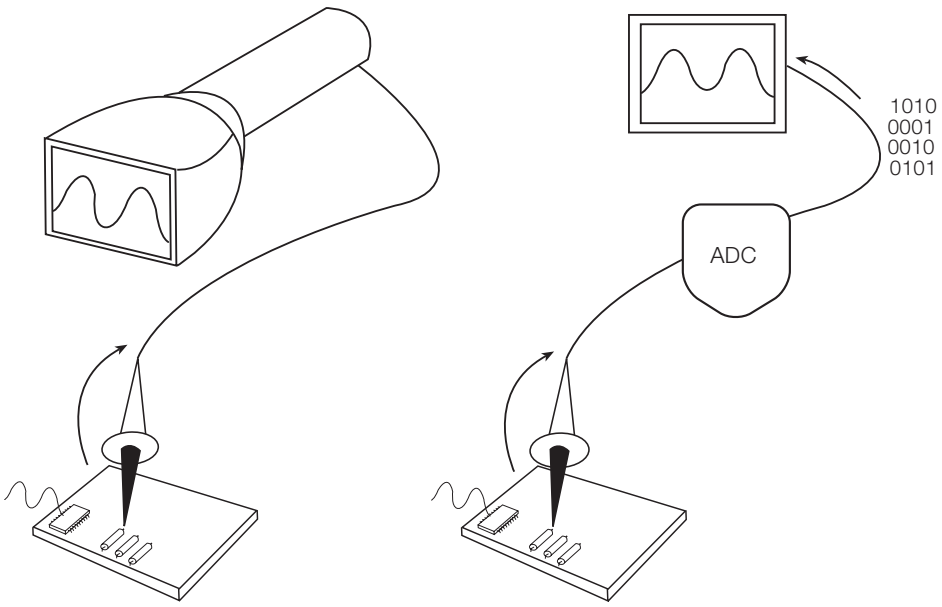


그림 11. 아날로그 오실로스코프는 신호를 추적하는 반면, 디지털 오실로스코프는 신호를 샘플링하여 디스플레이를 구성

오실로스코프의 유형

전자 장비는 아날로그와 디지털의 두 가지 범주로 분류할 수 있습니다. 아날로그 장비는 지속적으로 변하는 전압으로 작동하지만, 디지털 장비는 전압 샘플을 나타내는 개별 2진수로 작동합니다. 재래식 축음기는 아날로그 장치이며, CD 플레이어는 디지털 장치입니다.

오실로스코프도 이와 유사하게 아날로그와 디지털 방식으로 분류할 수 있습니다. 아날로그 오실로스코프와 달리 디지털 오실로스코프는 아날로그-디지털 컨버터(ADC)를 사용하여 측정된 전압을 디지털 정보로 변환합니다. 디지털 오실로스코프는 파형을 일련의 샘플로 획득하며, 파형을 만들기에 충분한 샘플이 누적될 때까지 샘플을 저장합니다. 그 다음 파형을 재조합하여 화면에 표시합니다(그림 11 참조).

디지털 오실로스코프는 디지털 스토리지 오실로스코프(DSOs), 디지털 포스퍼 오실로스코프(DPOs), 혼합 신호 오실로스코프(MSOs)와 디지털 샘플링 오실로스코프로 분류할 수 있습니다.

디지털 방식이란 오실로스코프에서 작동 범위 내의 어떤 주파수라도 안정적이며 밝고 선명하게 표시할 수 있음을 의미합니다.

반복되는 신호의 경우 디지털 오실로스코프의 대역폭은 오실로스코프 프런트엔드 컴포넌트의 아날로그 대역폭 함수이며, 일반적으로 –3dB 포인트라고 부릅니다. 펄스와 스텝과 같은 1회성 및 이상신호 이벤트의 경우 대역폭을 오실로스코프의 샘플링 속도로 제한할 수 있습니다. 자세한 내용은 성능 용어 및 고려 사항에 있는 샘플링 속도 부분을 참조하십시오.

디지털 스토리지 오실로스코프

기존 디지털 오실로스코프는 대개 디지털 스토리지 오실로스코프(DSO)에 속합니다. 또한 일반적으로 디스플레이로 형광체 광원 대신 래스터 방식의 스크린을 사용합니다.

디지털 스토리지 오실로스코프(DSO)를 사용하면 이상신호로 알려진 한 번만 발생하는 이벤트를 캡처 및 확인할 수 있습니다. 파형 정보가 일련의 저장된 2진수 값의 디지털 형식으로 존재하므로 오실로스코프 자체 내에서 또는 외부 컴퓨터를 사용하여 파형 정보를 분석, 저장, 인쇄 또는 다른 방법으로 처리할 수 있습니다. 파형이 연속적일 필요도 없으며, 신호가 사라진 후에도 표시할 수 있습니다. 디지털 스토리지 오실로스코프는 아날로그 오실로스코프와 달리 영구적인 신호 저장과 광범위한 파형 처리 기능을 제공합니다. 하지만 DSO는 일반적으로 실시간 명암 그레이딩 기능이 없으므로 실시간 신호의 명암을 다양한 레벨로 표현할 수 없습니다.

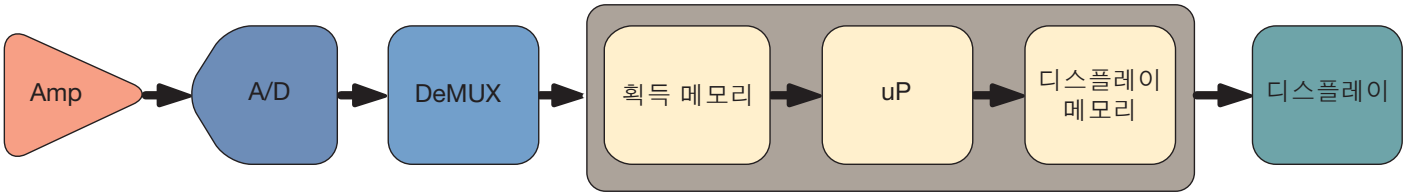


그림 12. 디지털 스토리지 오실로스코프(DSO)의 시리얼 프로세싱 아키텍처

DSO를 구성하는 서브시스템 중 일부는 아날로그 오실로스코프에 사용되는 것과 유사합니다. 하지만 DSO에는 전체 파형에 해당하는 데이터를 수집 및 표시하는 데 사용되는 추가적인 데이터 처리 서브시스템이 포함되어 있습니다. DSO는 그림 12와 같이 시리얼 프로세싱 아키텍처를 사용하여 신호를 캡처하고 화면에 표시합니다. 다음은 이러한 시리얼 프로세싱 아키텍처에 대한 설명입니다.

시리얼 프로세싱 아키텍처

아날로그 오실로스코프와 마찬가지로 DSO의 첫 번째(입력) 단계는 수직 증폭기입니다. 이 단계에서 수직 컨트롤을 사용하여 진폭과 위치 범위를 조정할 수 있습니다. 다음으로 수평 시스템 내의 ADC(아날로그-디지털 컨버터)가 개별 시간 포인트에서 신호를 샘플링하고, 해당 포인트에서 신호 전압을 샘플 포인트라고 하는 디지털 값으로 변환합니다. 이 프로세스를 신호의 디지털화라고 부릅니다.

수평 시스템의 샘플 클럭에 따라 ADC에서 샘플을 취하는 빈도가 결정됩니다. 이 속도를 샘플링 속도라고 하며 초당 샘플 수(S/s)로 나타냅니다. ADC의 샘플 포인트는 획득 메모리에 파형 포인트로 저장됩니다. 여러 샘플 포인트가 하나의 파형 포인트를 구성할 수도 있습니다. 동시에 파형 포인트는 하나의 파형 레코드를 구성합니다. 파형 레코드를 만드는 데 사용된 파형 포인트의 수를 레코드 길이라고 부릅니다. 트리거 시스템에서 레코드의 시작 지점과 정지 지점을 결정합니다.

DSO의 신호 경로에는 측정된 신호가 디스플레이로 전달되는 과정에서 통과하는 마이크로프로세서가 포함되어 있습니다. 이 마이크로프로세서는 신호를 처리하고, 디스플레이 작업을 조율하며, 전면부 컨트롤을 관리하는 역할 등을 담당합니다. 그런 다음 신호는 디스플레이 메모리를 통과하여 오실로스코프 화면에 표시됩니다.

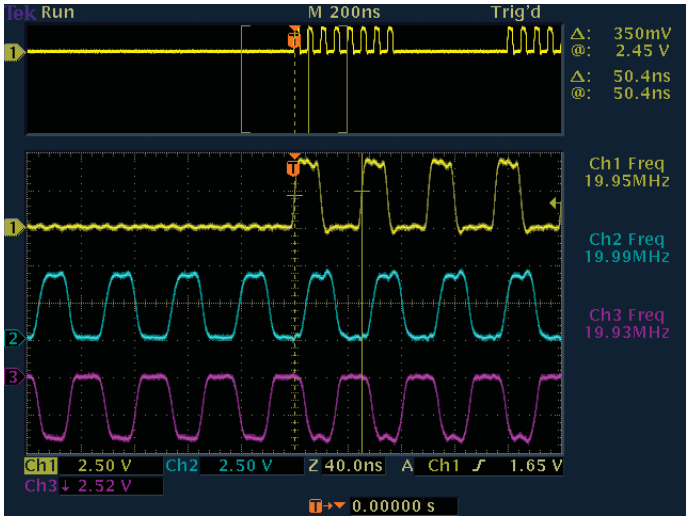


그림 13. 디지털 스토리지 오실로스코프는 다중 채널에 걸친 고속 1회성 획득 기능을 제공하므로 놓치기 쉬운 글리치와 이상신호 이벤트를 캡처할 가능성이 높습니다.

오실로스코프의 기능에 따라 디스플레이를 보강하는 조치로 추가적인 샘플 포인트 처리가 실행될 수 있습니다. 또한 프리 트리거 기능으로 트리거 포인트 전의 이벤트를 확인할 수 있습니다. 대부분의 최신 디지털 오실로스코프는 측정 과정을 간소화할 수 있도록 선별적인 자동 파라미터 측정 기능을 제공합니다.

DSO는 1회성의 멀티 채널 장비에서 높은 성능을 제공합니다(그림 13 참조). DSO는 반복 속도가 낮거나 1회성의 고속 멀티 채널 설계 분야에 최적입니다. 실제 디지털 설계 분야에서는 일반적으로 엔지니어가 4개 이상의 신호를 동시에 검토하므로 DSO가 필수적인 장비로 손꼽히고 있습니다.

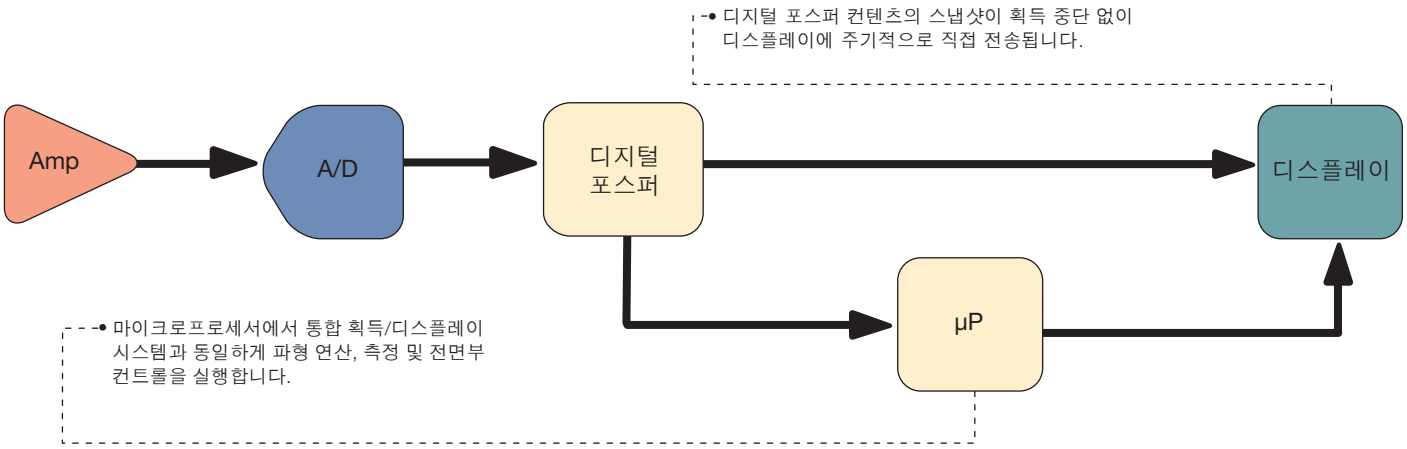


그림 14. 디지털 포스퍼 오실로스코프(DPO)의 패럴렐 프로세싱 아키텍처

디지털 포스퍼 오실로스코프

디지털 포스퍼 오실로스코프(DPO)는 오실로스코프 아키텍처에 새로운 접근법을 제시합니다. DPO는 이 아키텍처를 통해 신호를 정밀하게 재구성할 수 있는 고유한 획득 및 디스플레이 기능을 제공합니다.

DSO는 시리얼 프로세싱 아키텍처를 사용하여 신호를 캡처, 디스플레이 및 분석하는 반면에, DPO는 그림 14에 나온 것처럼 패럴렐 프로세싱 아키텍처를 사용하여 같은 기능을 처리합니다. DPO 아키텍처는 파형 이미지 획득에 고유한 ASIC 하드웨어를 사용하므로 빠른 파형 캡처 속도를 제공하며, 이는 더 높은 레벨의 신호 시각화로 이어집니다. 이러한 성능은 또한 런트 펄스, 글리치, 트랜지션 오류와 같은 디지털 시스템에서 발생하는 이상신호 이벤트를 관찰할 수 있는 가능성을 높여 줍니다. 다음은 이러한 패럴렐 프로세싱 아키텍처에 대한 설명입니다.

패럴렐 프로세싱 아키텍처

DPO의 첫 번째(입력) 단계는 아날로그 오실로스코프와 유사하게 수직 증폭기이며, 두 번째 단계는 DSO와 비슷하게 ADC입니다. 하지만 아날로그-디지털 변환 이후에는 DPO와 다른 기존 제품의 차이가 크게 벌어집니다.

아날로그, DSO 또는 DPO를 막론하고 어떤 오실로스코프든 계측기가 가장 최근에 획득한 데이터를 처리하고, 시스템을 다시 설정하며, 다음 트리거 이벤트를 기다리는 동안 항상 홀드 오프 시간이 있습니다. 이 시간 동안 오실로스코프는 모든 신호 활동을 인지하지 못합니다. 홀드 오프 시간이 늘어날수록 간헐적이거나 반복 횟수가 적은 이벤트를 파악할 가능성이 낮아집니다.

캡처 가능성을 단순히 디스플레이 업데이트 속도만으로 판단할 수 없다는 점도 명심해야 합니다. 단지 업데이트 속도만 중시한다면 오실로스코프가 파형에 대한 적절한 정보를 모두 캡처하고 있다고 생각하기 쉽지만 사실 그렇지 않습니다.

디지털 스토리지 오실로스코프는 캡처한 파형을 순차적으로 처리합니다. 마이크로프로세서의 속도가 파형 캡처 속도를 제한하므로 이 과정에서 병목됩니다. DPO는 디지털화된 파형 데이터를 디지털 포스퍼 데이터베이스로 래스터라이즈합니다. 인간의 눈이 인지할 수 있는 최대 속도인 초당 1/30회마다 데이터베이스에 저장된 신호 이미지의 스냅샷이 직접 디스플레이 시스템으로 전달됩니다. 이러한 파형 데이터의 직접 래스터화와 더불어 데이터베이스에서 메모리를 직접 복사하여 표시하는 기능은 다른 아키텍처에서 피할 수 없는 데이터 처리 병목 현상을 없애 줍니다. 그 결과는 강화된 "실시간" 성능과 생생한 디스플레이 업데이트입니다. 신호 세부 정보, 간헐적인 이벤트, 신호의 동적 특성이 실시간으로 캡처됩니다. DPO의 마이크로프로세서는 이러한 통합형 획득 시스템과 동시에 디스플레이 관리, 측정 자동화, 계측 장비 제어를 수행하므로 오실로스코프의 획득 속도에 영향을 주지 않습니다.

DPO는 아날로그 오실로스코프 최상의 디스플레이 특성을 충실하게 에뮬레이션하여 신호를 3차원(시간, 진폭 및 시간 경과에 따른 진폭 분산)으로 실시간 표시합니다.

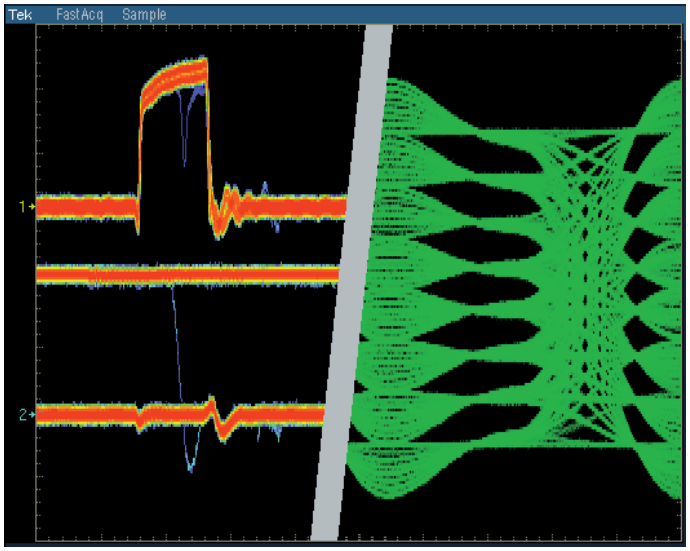


그림 15. 일부 DPO는 단 몇 초 안에 수백만 개의 파형을 획득할 수 있어 간헐적이며 놓치기 쉬운 이벤트를 캡처하고 동적인 신호 동작을 발견할 수 있는 가능성이 높습니다.

아날로그 오실로스코프가 화학 형광체에 의존하는 것과 달리, DPO는 순수한 전자식 디지털 형광체를 사용하며, 이는 실제로 연속적으로 업데이트되는 데이터베이스입니다. 이 데이터베이스에는 오실로스코프의 디스플레이에 포함된 모든 개별 픽셀에 대해 별도의 "셀" 정보가 있습니다. 파형이 캡처될 때마다 즉, 오실로스코프가 트리거할 때마다 해당 정보가 디지털 포스퍼 데이터베이스의 셀에 매핑됩니다. 화면 위치를 나타내며 파형에 의해 작용하는 각 셀은 명암 정보로 보강되지만 다른 셀은 그렇지 못합니다. 따라서 파형이 자주 통과하는 셀에는 명암 정보가 누적됩니다.

디지털 포스퍼 데이터베이스가 오실로스코프의 디스플레이에 공급되면, 아날로그 오실로스코프의 명암 그레이딩 특성과 거의 유사하게 각 지점에서 신호의 발생 주파수에 비례하여 디스플레이에 강조되는 파형 영역이 나타납니다. DPO는 아날로그 오실로스코프와 달리 다양한 발생 주파수 정보를 디스플레이에 대조적인 색상으로 표시하는 기능을 지원합니다. DPO를 사용하면 거의 모든 트리거에서 발생하는 파형과 예를 들어 100번째 트리거에서 발생하는 파형을 손쉽게 구분할 수 있습니다.

디지털 포스퍼 오실로스코프(DPO)는 아날로그와 디지털 오실로스코프 기술의 장벽을 허물었습니다. DPO는 높거나 낮은 주파수, 반복적인 파형, 이상신호 및 신호 변동 등을 모두 실시간으로 확인할 수 있습니다. 또한 DPO는 기존 DSO에서는 찾아볼 수 없는 Z축(명암)을 실시간으로 제공하는 기능을 유일하게 제공합니다.

DPO는 광범위한 분야에 적용하기 위해 최고의 범용 설계 및 문제 해결 툴이 필요한 사용자에게 최적입니다(그림 15 참조). DPO는 통신 마스크 테스트, 간헐적인 신호의 디지털 디버그, 반복적인 디지털 설계 및 타이밍 애플리케이션에서 두각을 나타냅니다.

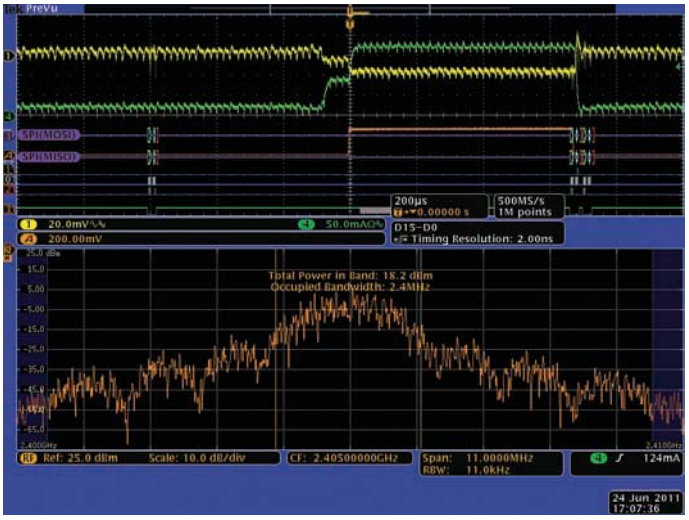


그림 16. 무선 IC에 대한 드레인 전류 및 전압과 가동되는 동안의 스펙트럼 측정을 포함한 Zigbee 무선 MOSI(마이크로 프로세서 SPI) 및 (MISO) 제어 라인의 시간 상관 화면

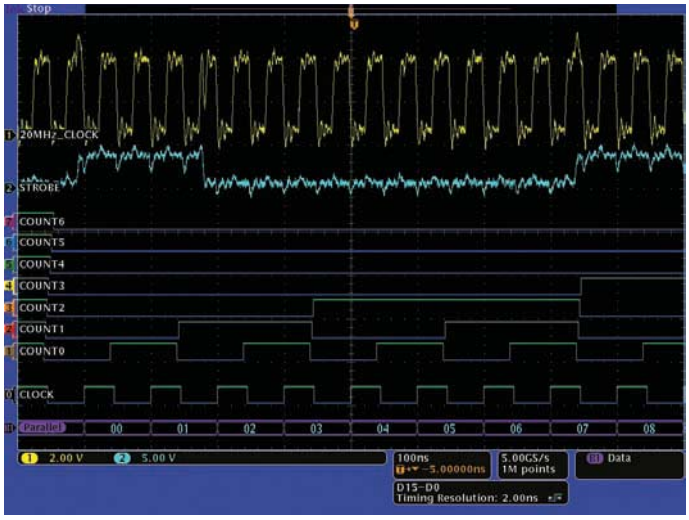


그림 17. MSO는 16개의 통합 디지털 채널을 제공하므로 시간 상관 관계인 아날로그 및 디지털 신호를 관찰하고 분석할 수 있습니다.

혼합 도메인 오실로스코프

MDO(혼합 도메인 오실로스코프)는 RF 스펙트럼 분석기와 MSO 또는 DPO를 결합하여 디지털, 아날로그 신호의 RF 도메인에 대한 시간 상관 시각화를 지원하는 툴입니다. 예를 들어, MDO를 사용하면 임베디드 설계에 포함된 프로토콜, 스테이트 로직, 아날로그, RF 신호의 시간 상관 관계를 볼 수 있습니다. 이를 통해 통찰력 확보에 필요한 시간과 서로 다른 도메인 간의 이벤트 측정 불확실성을 현저히 줄일 수 있습니다.

마이크로 프로세서 명령과 임베디드 RF 설계에 포함된 RF 이벤트 사이의 시간 지연을 파악하면 테스트 설정을 간소화하고 현장에서 복잡한 측정을 수행할 수 있습니다. 그림 16에 나온 Zigbee 설계와 같은 임베디드 무선 솔루션의 경우, RF 이벤트의 가동에 대해 트리거하고 마이크로 프로세서 컨트롤러에서 디코딩되는 SPI 제어 라인의 명령줄 대기 시간, 가동 시의 드레인 전류 및 전압, 기타 발생되는 스펙트럼 이벤트를 확인할 수 있습니다. 이제 하나의 화면에서 프로토콜(디지털), 아날로그, RF 등 모든 무선 도메인의 시간 상관 관계를 볼 수 있습니다.

혼합 신호 오실로스코프

MSO(혼합 신호 오실로스코프)는 DPO의 성능에 패럴렐/시리얼 버스 프로토콜 디코딩 및 트리거링을 포함한 16채널 로직 애널라이저의 기능이 결합된 툴입니다. MSO의 디지털 채널은 디지털 회로에서 신호를 보는 것과 동일하게 디지털 신호를 로직 하이 또는 로직 로우 중 하나로 인식합니다. 이는 링잉, 오버슈트, 접지 바운스가 로직 트랜지션의 원인이 아니라면, 이러한 아날로그 특성이 MSO에 아무런 영향을 주지 않음을 의미합니다. MSO는 로직 애널라이저와 마찬가지로 임계 전압을 사용하여 신호가 로직 하이인지 또는 로직 로우인지 결정합니다.

MSO는 강력한 디지털 트리거링, 고분해능 획득 기능, 분석 기능을 사용하여 디지털 회로를 신속하게 디버깅하는 데 최고의 툴입니다. 그림 17에 나온 것처럼 신호의 아날로그 표현과 디지털 표현을 모두 분석하면 많은 디지털 문제의 근본 원인을 더 신속하게 찾아낼 수 있으므로, MSO는 디지털 회로 검증 및 디버깅에 이상적인 툴입니다.

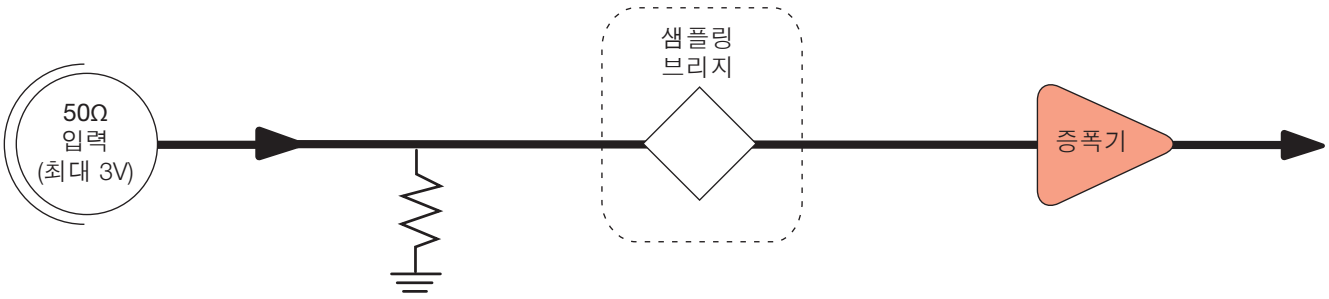


그림 18. 디지털 포스퍼 오실로스코프(DPO)의 패럴렐 프로세싱 아키텍쳐

디지털 샘플링 오실로스코프

디지털 스토리지 및 디지털 포스퍼 오실로스코프 아키텍처와 달리, 디지털 샘플링 오실로스코프의 아키텍처는 그림 18에 나온 것처럼 어테뉴에이터/증폭기의 위치와 샘플링 브리지의 위치가 반대입니다. 입력 신호는 감쇠 또는 증폭이 일어나기 전에 샘플링됩니다. 신호가 샘플링 게이트에 의해 이미 더 낮은 주파수로 변환되었으므로 샘플링 브리지 다음에 저대역폭 증폭기를 사용할 수 있으며 이는 훨씬 높은 대역폭 계측기로 이어집니다.

하지만 이러한 높은 대역폭의 반대급부는 샘플링 오실로스코프의 다이나믹 레인지가 제한된다는 점입니다. 샘플링 게이트 앞에 어테뉴에이터/증폭기가 없으므로 입력을 조정할 수 없습니다. 따라서 샘플링 브리지가 항상 입력의 전체 다이나믹 레인지를 처리할 수 있어야 합니다. 결과적으로 대다수 샘플링 오실로스코프의 다이나믹 레인지는 약 1Vp-p로 제한됩니다. 반면, 디지털 스토리지 및 디지털 포스퍼 오실로스코프는 50 ~ 100V를 처리할 수 있습니다.

또한 대역폭이 제한되므로 샘플링 브리지 앞에 보호 다이오드를 배치할 수도 없습니다. 이로 인해 안전 입력 전압이 500V에 달하는 다른 오실로스코프와 달리 샘플링 오실로스코프는 약 3V로 낮춰야 합니다.

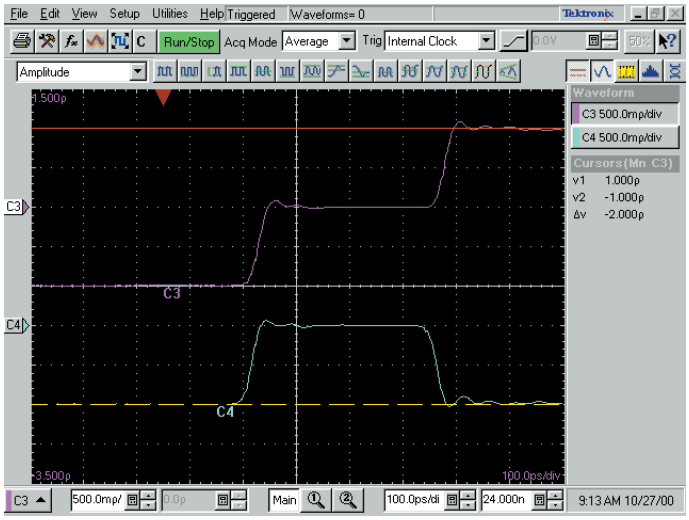


그림 19. 디지털 샘플링 오실로스코프의 TDR(Time Domain Reflectomerty) 디스플레이

고주파 신호를 측정할 때는 DSO 또는 DPO의 단일 스위프로는 충분한 샘플을 수집하지 못할 수 있습니다. 디지털 샘플링 오실로스코프는 주파수 컴포넌트가 오실로스코프의 샘플링 속도보다 훨씬 빠른 신호를 정확하게 캡처하는 데 최적입니다(그림 19 참조). 이 오실로스코프는 다른 어떤 오실로스코프보다 훨씬 빠르게 신호를 측정할 수 있습니다. 또한 반복적인 신호에 대해 다른 오실로스코프보다 10배 높은 대역폭과 고속 타이밍을 달성할 수 있습니다. 순차적인 등가 시간 샘플링 오실로스코프는 최대 80GHz의 대역폭을 지원합니다.

오실로스코프의 시스템 및 컨트롤

본 절에서는 아날로그 및 디지털 오실로스코프에서 볼 수 있는 기본적인 시스템과 컨트롤에 대해 간략히 설명합니다. 아날로그 오실로스코프와 디지털 오실로스코프의 컨트롤은 일부 다를 수 있으며, 사용자의 오실로스코프에 여기에서 논의하지 않는 추가적인 컨트롤이 있을 수 있습니다.

기본적으로 오실로스코프는 수직 시스템, 수평 시스템, 트리거 시스템 및 디스플레이 시스템의 네 가지 다른 시스템으로 구성됩니다. 이러한 시스템을 이해하면 특정 측정 문제를 다루는 데 오실로스코프를 효율적으로 적용할 수 있습니다. 각 시스템이 모두 신호를 정확하게 재구성하는 오실로스코프의 기능에 영향을 미친다는 점을 잊지 마십시오.

오실로스코프의 전면부는 Vertical(수직), Horizontal(수평), Trigger(트리거)로 표시된 세 가지 주요 섹션으로 분할되어 있습니다. 모델과 유형에 따라 사용자의 오실로스코프에 다른 섹션이 있을 수도 있습니다(그림 20 참조). 본 절을 읽으면서 사용하고 있는 오실로스코프 전면부 섹션의 위치를 찾아 보십시오.

오실로스코프를 사용할 때는 입력 신호에 적합하도록 다음과 같은 세 가지 기본 설정을 조정해야 합니다.

- Vertical(수직): 신호의 감쇠 또는 증폭. 볼트 영역 컨트롤을 사용하여 신호의 진폭을 원하는 측정 범위로 조정하십시오.
- Horizontal(수평): 시간축. 초 영역 컨트롤을 사용하여 화면 전체에서 수평으로 표시되는 영역별 시간의 양을 설정하십시오.
- Trigger(트리거): 오실로스코프의 트리거링. 트리거 레벨을 사용하여 반복 신호를 안정화하거나 단일 이벤트에 대해 트리거하도록 설정하십시오.

그림 20. 오실로스코프의 전면부 컨트롤 섹션

일반적인 수직 컨트롤의 예:

- 터미네이션
  - 1M ohm
  - 50 ohm
- 커플링
  - DC
  - AC
  - GND
- 대역폭
  - 대역폭 제한
  - 대역폭 확장
- 위치
- 오프셋
- 반전 – 온/오프
- 스케일
  - 고정 단계
  - 가변 볼트 영역

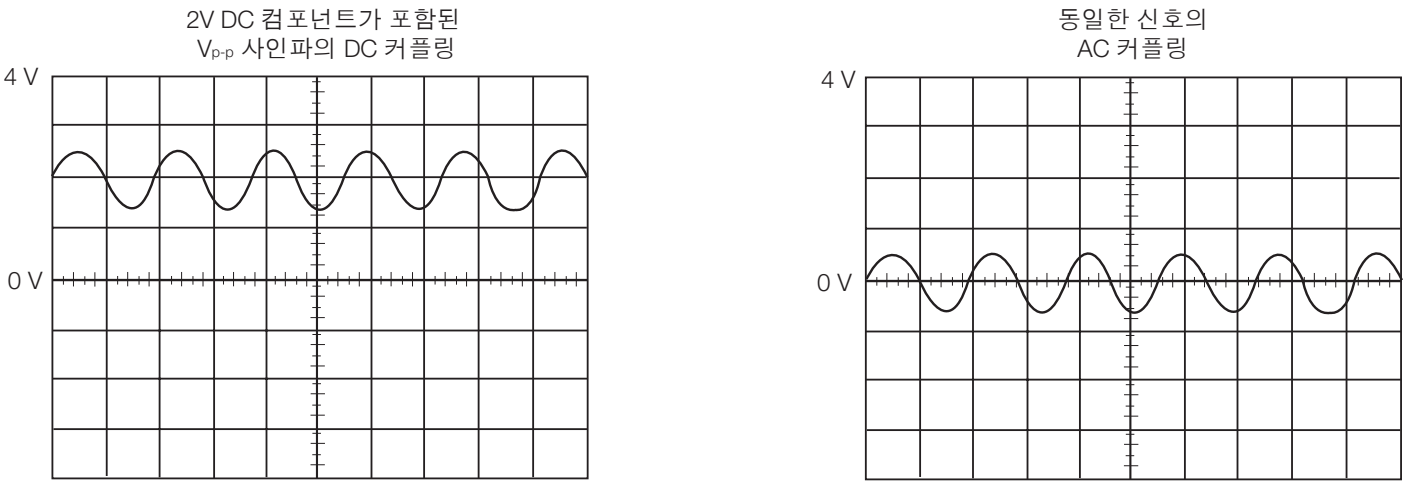


그림 21. AC 및 DC 입력 커플링

수직 시스템 및 컨트롤

수직 컨트롤은 파형의 수직 방향 위치와 스케일, 입력 커플링 설정 및 기타 다른 신호 조정에도 사용됩니다.

위치 및 볼트 영역

수직 위치 컨트롤을 사용하면 파형을 위아래로 이동하여 화면에서 정확히 원하는 위치로 조정할 수 있습니다.

볼트 영역 설정(일반적으로 volts/div로 표기)은 화면의 파형 크기를 변경하는 스케일 단위입니다. 볼트 영역 설정이 5V라면 8개의 수직 영역 각각이 5V이며, 전체 화면은 8개의 주요 영역을 눈금으로 나타내어 맨 아래에서 맨 위까지 총 40V가 표시됩니다. 설정이 0.5V/div라면 화면의 맨 아래에서 맨 위까지 4V가 표시되는 식입니다. 화면에 표시할 수 있는 최대 전압은 볼트 영역 설정에 수직 영역의 수를 곱한 수치입니다. 또한 사용자의 프로브(1X 또는 10X)도 스케일에 영향을 준다는 점에 유의하십시오. 오실로스코프에서 자동으로 처리되지 않는다면 볼트 영역 스케일을 프로브의 감쇠 계수로 나눠야 합니다.

일부 볼트 영역 스케일에는 표시된 신호를 특정 영역의 수로 조정할 수 있는 가변 게인 또는 정밀 게인 컨트롤이 있는 경우도 있습니다. 이 컨트롤을 사용하면 상승 시간 측정에 도움이 됩니다.

입력 커플링

커플링이란 전기 신호를 한 회로에서 다른 회로로 연결하는 데 사용되는 방법을 가리키는 용어입니다. 이 경우, 입력 커플링은 테스트 회로와 오실로스코프 사이의 연결을 의미합니다. 커플링은 DC, AC 또는 접지로 설정할 수 있습니다. DC 커플링은 입력 신호를 모두 보여 줍니다. AC 커플링은 신호의 DC 컴포넌트를 차단함으로써 파형이 0V 주변으로 모이도록 만듭니다. 그림 21에 이러한 차이가 나와 있습니다. AC 커플링 설정은 전체 신호(교류 + 직류)가 볼트 영역 설정에 비해 너무 클 경우 유용합니다.

접지 설정은 수직 시스템에서 입력 신호를 단절함으로써 화면에서 0V의 위치를 찾을 수 있도록 해 줍니다. 접지 입력 커플링과 자동 트리거 모드를 사용하면 화면에서 0V를 나타내는 수평선을 볼 수 있습니다. DC에서 접지로 전환했다가 다시 DC로 전환하는 방법을 사용하면 신호 전압 레벨을 접지와 비교하여 손쉽게 측정할 수 있습니다.

대역폭 제한

대부분의 오실로스코프에는 오실로스코프의 대역폭을 제한하는 회로가 있습니다. 대역폭을 제한함으로써 표시된 파형에 간혹 나타나는 노이즈를 줄여 더 깨끗한 신호가 표시되도록 할 수 있습니다. 대역폭 제한 기능은 노이즈를 제거하는 동시에 고주파 신호 성분도 줄이거나 없앨 수 있다는 점에 유의하십시오.

대역폭 확대

일부 오실로스코프는 오실로스코프의 채널 응답을 개선하는 데 사용될 수 있는 DSP 임의 이퀄라이제이션 필터를 제공하기도 합니다. 이 필터는 대역폭을 확대하고, 오실로스코프의 채널 주파수 응답을 평탄화하며, 위상 선형성을 개선하고, 더 뛰어난 채널 간 매칭을 제공합니다. 더불어 상승 시간을 줄여 주며 시간 영역 단계 응답을 개선해 줍니다.

수평 시스템 및 컨트롤

오실로스코프의 수평 시스템은 입력 신호의 획득과 가장 밀접한 관련이 있으며, 샘플링 속도와 레코드 길이가 고려 대상입니다. 수평 컨트롤은 파형의 수평 방향 위치와 스케일을 조정하는 데 사용됩니다.

획득 컨트롤

디지털 오실로스코프는 획득 시스템에서 신호를 처리하는 방법을 제어할 수 있는 설정을 제공합니다. 본 절을 통해 사용 중인 디지털 오실로스코프의 획득 옵션에 대해 살펴보십시오. 그림 22에 획득 메뉴의 예가 나와 있습니다.

획득 모드

획득 모드는 샘플 포인트에서 파형 포인트를 생성하는 방법을 제어합니다. 샘플 포인트는 아날로그-디지털 컨버터(ADC)에서 직접 산출되는 디지털 값입니다. 샘플 간격이란 이러한 샘플 포인트 사이의 시간을 의미합니다. 파형 포인트는 디지털 값으로 메모리에 저장되며 파형을 구성하도록 표시됩니다. 파형 포인트 사이의 시간 값 차이를 파형 구간이라고 부릅니다.

일반적인 수평 컨트롤의 예:

- Time Base
- XY
- 스케일
- 트레이스 분할
- 레코드 길이
- 분해능
- 샘플링 속도
- 트리거 위치
- 줌/팬
- 검색

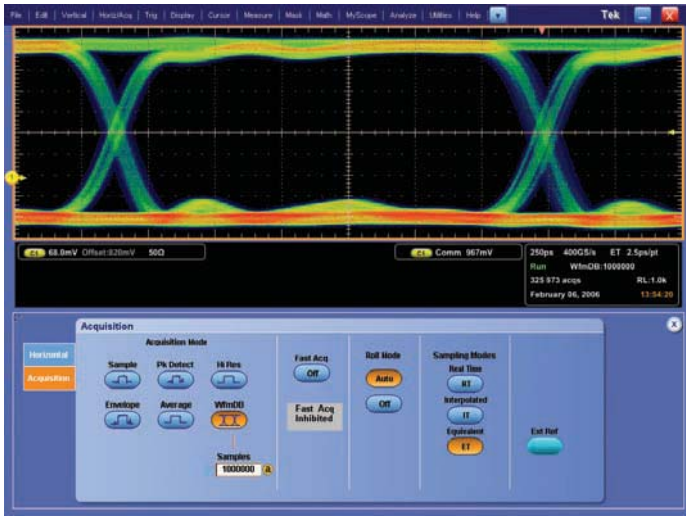


그림 22. 획득 메뉴의 예

샘플 간격과 파형 구간은 같을 수도 있고 그렇지 않을 수도 있습니다. 따라서 하나의 파형 포인트가 순차적으로 획득된 여러 샘플 포인트로 구성되어 있는 여러 가지 다양한 획득 모드가 존재하게 됩니다.

또한 다수의 획득에서 얻은 샘플 포인트의 컴포지트를 통해 파형 포인트를 만들 수도 있으며, 이는 또 하나의 획득 모드가 됩니다. 가장 흔히 사용되는 획득 모드에 대한 설명이 이어집니다.

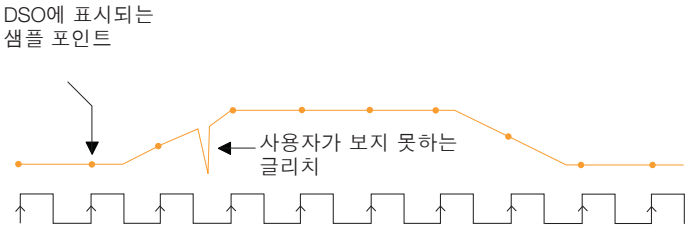


그림 23. 샘플링 속도는 시간축 설정에 따라 달라집니다. 시간축 설정이 느릴수록 샘플링 속도도 느려집니다. 일부 디지털 오실로스코프는 느린 스위프 속도에서 빠른 이상신호를 캡처할 수 있는 피크 탐지 모드를 제공합니다.

획득 모드의 유형

- 샘플 모드: 가장 간단한 획득 모드로, 오실로스코프는 각 파형 구간마다 하나의 샘플 포인트를 저장하여 파형 포인트를 만듭니다.
- 피크 탐지 모드: 오실로스코프는 두 파형 구간 동안 얻은 샘플 포인트의 최소 및 최대 값을 저장하고 이러한 샘플을 대응하는 2개의 파형 포인트로 사용합니다. 피크 탐지 모드를 지원하는 디지털 오실로스코프는 매우 느린 시간축 설정(느린 시간축 설정은 긴 파형 구간을 의미)에서도 빠른 샘플링 속도로 ADC를 작동하며, 샘플 모드일 경우 파형 포인트 사이에서 발생하는 빠른 신호 변화를 캡처할 수 있습니다(그림 23). 피크 탐지 모드는 특히 시간상 멀리 떨어진 좁은 펄스를 발견하는 데 유용합니다(그림 24).
- 고해상도 모드: 고해상도 모드는 피크 탐지와 유사하게 ADC가 시간축 설정에서 요구하는 것보다 빠르게 샘플링할 수 있을 경우 더 많은 정보를 얻을 수 있습니다. 이 경우, 한 파형 구간에서 얻은 여러 샘플을 함께 평균하여 하나의 파형 포인트를 만듭니다. 그 결과 저속 신호에서 노이즈가 줄어들며 분해능이 높아집니다. 평균 모드에 비해 고해상도 모드의 장점은 1회성 이벤트에도 사용할 수 있다는 점입니다.
- 엔벨로프 모드: 엔벨로프 모드는 피크 탐지 모드와 유사합니다. 하지만 엔벨로프 모드에서는 다수의 획득에서 얻은 최소 및 최대 파형 포인트를 조합하여 시간 대비 최소/최대 누적을 보여 주는 파형을 생성합니다. 일반적으로 피크 탐지 모드는 조합되어 엔벨로프 파형을 구성하는 레코드를 획득하는 데 사용됩니다.

그림 24. 미세한 이상 신호도 캡처할 수 있는 오실로스코프의 피크 탐지 모드

- 평균 모드:평균 모드의 오실로스코프는 샘플 모드와 마찬가지로 파형 구간마다 하나의 샘플 포인트를 저장합니다. 하지만 연속적인 획득에서 얻은 파형 포인트를 함께 평균하여 최종적으로 표시될 파형을 만듭니다. 평균 모드는 대역폭 손실 없이 노이즈를 줄일 수 있는 방법이지만 반복되는 신호가 필요합니다.
- 파형 데이터베이스 모드: 파형 데이터베이스 모드에서 오실로스코프는 진폭, 시간, 카운트의 3차원 배열을 제공하는 파형 데이터베이스를 누적합니다.

획득 시스템의 시작 및 정지

디지털 오실로스코프의 가장 큰 장점 중 하나는 파형을 저장하여 나중에 확인할 수 있는 기능입니다. 이를 위해 획득 시스템을 시작하거나 정지할 수 있는 버튼이 전면부에 일반적으로 하나 이상 있어 파형을 편리한 시간에 분석할 수 있습니다. 더불어, 한 번의 획득이 완료되거나 또는 하나의 레코드 세트가 엔벨로프 또는 평균 파형으로 변환된 후에 오실로스코프를 자동으로 정지하도록 할 수도 있습니다. 이 기능은 흔히 단일 스위프 또는 단일 시퀀스라 불리며, 일반적으로 기타 획득 컨트롤 또는 트리거 컨트롤과 함께 배치되어 있습니다.

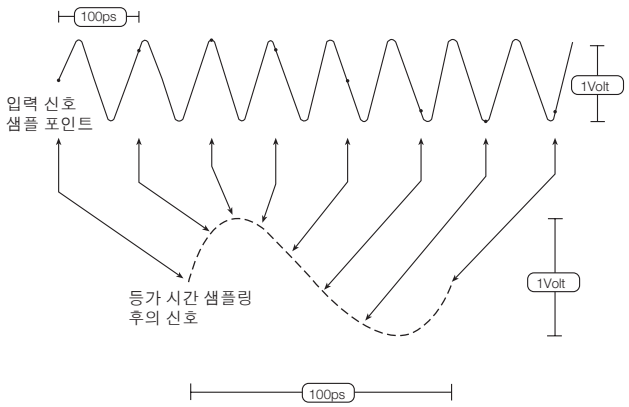


그림 25. 기본적인 샘플링. 샘플링 후의 포인트를 보간으로 연결하여 연속적인 파형을 만듭니다.

샘플링

샘플링이란 입력 신호의 일부분을 저장, 처리 및/또는 표시하기 위해 여러 개의 개별 일렉트릭 값으로 변환하는 절차를 의미합니다. 각 샘플 포인트의 크기는 신호가 샘플링되는 이상신호의 입력 신호 진폭과 같습니다.

샘플링은 스냅샷을 찍는 것과 비슷합니다. 각 스냅샷은 파형에서 하나의 포인트에 해당합니다. 이러한 스냅샷을 적절한 시간 순서로 배열하는 것이 입력 신호를 재구성하는 것입니다.

디지털 오실로스코프에서 샘플 포인트의 배열은 그림 25와 같이 수직축에는 측정된 진폭, 수평축에는 시간의 형태로 디스플레이에 재구성됩니다.

그림 25의 입력 파형은 화면에서 일련의 점으로 나타납니다. 점이 멀리 떨어져 있어 파형으로 해석하기 어려운 경우 보간이라는 프로세스를 사용하여 점을 연결할 수 있습니다. 보간이란 점을 선 또는 벡터로 연결하는 기법입니다. 다양한 보간 방법을 사용하여 연속적인 입력 신호를 정확하게 재구성할 수 있습니다.

샘플링 컨트롤

일부 디지털 오실로스코프는 실시간 샘플링 또는 등가 시간 샘플링 중에서 한 가지 샘플링 방식을 선택할 수 있습니다. 이러한 오실로스코프에서 제공하는 획득 컨트롤을 사용하면 신호 획득에 사용할 샘플링 방식을 선택할 수 있습니다. 느린 시간축 설정에서는 이러한 설정이 별 영향이 없으며, ADC에서 한 번의 패스로 레코드를 파형으로 채우기에 충분할 만큼 빨리 샘플링하지 못하는 경우에만 효과가 있습니다. 각 방식은 실행되는 측정의 종류에 따라 뚜렷한 장점이 있습니다.

일반적으로 최신 오실로스코프에는 세 가지 수평 시간축 작동 모드를 선택할 수 있는 컨트롤이 제공됩니다. 간단한 신호 탐색과 함께 역동적인 신호를 다루고자 한다면 가장 생생한 디스플레이 업데이트 속도를 제공하는 자동 모드 또는 대화형 기본 모드를 사용하는 것이 좋습니다. 가장 높은 측정 정밀도를 제공하는 정밀한 측정과 최고의 실시간 샘플링 속도가 필요하다면 고정 샘플링 속도 모드가 최적입니다. 높은 샘플링 속도를 유지하며 최상의 실시간 분해능을 제공합니다. 마지막은 수동 모드로, 샘플링 속도와 레코드 길이를 개별적으로 직접 제어할 수 있습니다.

실시간 샘플링 방식

실시간 샘플링은 주파수 범위가 오실로스코프 최대 샘플링 속도의 절반 미만인 신호에 이상적입니다. 이 때 오실로스코프는 그림 26과 같이 한 번의 파형 "스위프"에서 정확한 화면을 구성하는 데 충분하고도 넘치는 포인트를 획득할 수 있습니다. 실시간 샘플링은 디지털 오실로스코프로 고속의 1회성 이상신호를 캡처할 수 있는 유일한 방법입니다.

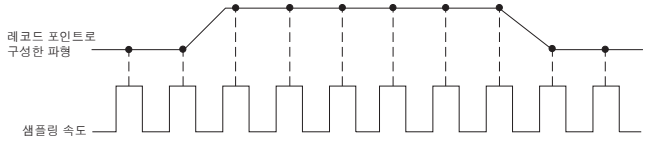


그림 26. 실시간 샘플링 방식

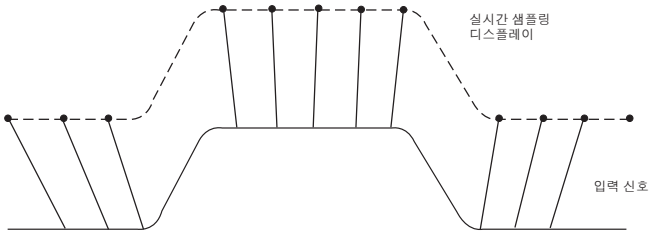


그림 27. 이 10ns 펄스를 실시간으로 캡처하려면 에지를 정확하게 정의하기에 충분할 만큼 샘플링 속도가 빨라야 합니다.

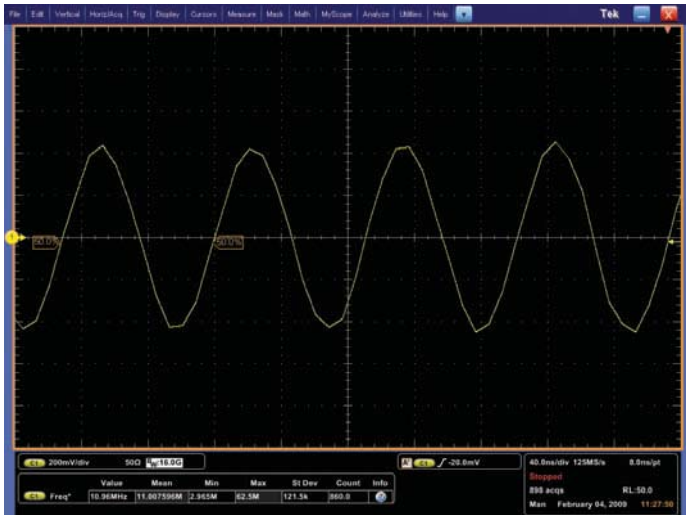


그림 28. 100MHz 사인파의 언더샘플링으로 인한 앨리어싱 현상

그림 27과 같이 고주파의 이상신호 이벤트를 정확하게 디지털화하는 데 필요한 샘플링 속도 때문에 실시간 샘플링은 디지털 오실로스코프에게 가장 까다로운 과제입니다. 이러한 이벤트는 단 한 번 발생하며 발생 당시와 동일한 시간 프레임 내에 샘플링되어야 합니다.

샘플링 속도가 충분히 빠르지 않다면 고주파 컴포넌트가 더 낮은 주파수로 "떨어져" 그림 28에서 보여지는 것처럼 디스플레이에 앨리어싱을 일으킬 수 있습니다. 또한 실시간 샘플링은 디지털화된 파형을 저장하는 데 필요한 고속 메모리 때문에 한층 더 까다롭습니다. 고주파 컴포넌트를 정확하게 특성화하는 데 필요한 샘플링 속도와 레코드 길이에 대한 추가적인 자세한 정보는 성능 용어 및 고려 사항에 있는 샘플링 속도 및 레코드 길이 부분을 참조하십시오.

보간을 이용한 실시간 샘플링 디지털 오실로스코프는 표시 가능한 신호의 개별 샘플을 취합니다. 하지만 신호의 고주파 부분을 보여 주는 단 몇 개의 점만 보이기 때문에 점으로 표현된 신호를 시각화하기 어려울 수 있습니다. 일반적으로 디지털 오실로스코프에는 신호의 시각화를 지원하는 보간 디스플레이 모드가 있습니다.

간단히 설명하자면 보간이란 각 사이클 내에서 몇 번만 샘플링된 신호도 정확하게 표시되도록 “점을 연결”하는 것입니다. 실시간 샘플링과 보간을 함께 사용하면 오실로스코프가 실시간 모드에서 단일 패스로 신호에서 몇 개의 샘플 포인트를 수집하고 보간을 사용하여 공백을 메웁니다. 보간은 소수의 포인트를 기반으로 파형이 어떻게 보일지 추정하는 데 사용되는 처리 기법입니다.

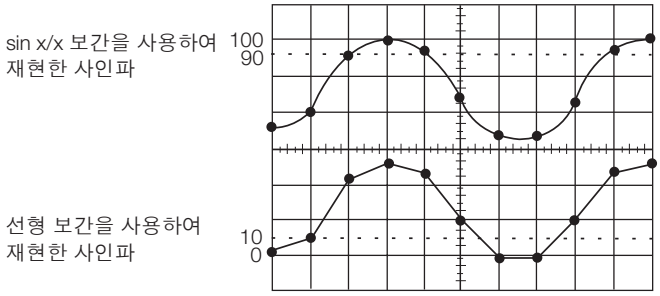


그림 29. 선형 및 sin x/x 보간

선형 보간은 샘플 포인트를 직선으로 연결하는 방식으로, 그림 29에 나와 있듯 사각파와 비슷하게 모서리가 직선인 신호로 재구성하도록 제한됩니다.

더 용도가 많은 sin x/x 보간은 그림 29에 나온 것처럼 샘플 포인트를 곡선으로 연결합니다. sin x/x 보간은 포인트를 계산하여 실제 샘플 사이의 시간을 메우는 수학적 프로세스입니다. 이 보간 방식은 순수한 사각파 및 펄스보다 실제 생활에서 훨씬 흔한 곡선의 불규칙한 신호에 적합합니다. 결과적으로 sin x/x 보간은 샘플링 속도가 시스템 대역폭의 3 ~ 5배인 애플리케이션에서 선호되는 방식입니다.

등가 시간 샘플링 방식

고주파 신호를 측정할 때는 오실로스코프에서 단일 스위프로는 충분한 샘플을 수집하지 못할 수 있습니다. 그림 30에 나온 것처럼 등가 시간 샘플링을 사용하면 주파수가 오실로스코프의 샘플링 속도의 절반을 초과하는 신호도 정확하게 획득할 수 있습니다. 등가 시간 디지타이저(샘플러)는 자연적으로 발생하는 현상이나 인공 현상 대부분이 반복적이라는 사실을 활용합니다.

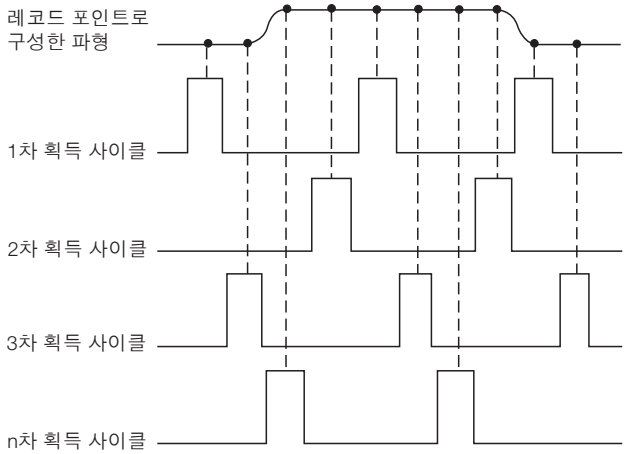


그림 30. 일부 오실로스코프는 등가 시간 샘플링을 사용하여 초고속의 반복적인 신호를 캡처 및 표시합니다.

등가 시간 샘플링은 신호의 각 반복에서 일부 정보를 캡처하여 반복적인 신호의 그림을 구성합니다. 파형은 하나씩 비춰지는 빛줄기처럼 느리게 재현됩니다. 그 결과 오실로스코프의 샘플링 속도보다 훨씬 높은 주파수 컴포넌트를 가진 신호도 오실로스코프가 정확하게 캡처할 수 있습니다.

등가 시간 샘플링에는 랜덤 및 순차 방식의 두 가지 유형이 있으며, 각각의 장점을 가지고 있습니다. 랜덤 등가 시간 샘플링은 지연 라인을 사용하지 않고 트리거 포인트 전에 입력 신호를 표시할 수 있습니다. 순차적인 등가 시간 샘플링은 훨씬 뛰어난 시간 분해능과 정확도를 제공합니다. 두 방식 모두 입력 신호가 반복적이어야 합니다.

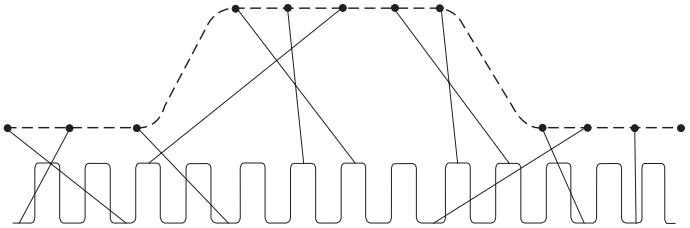


그림 31. 랜덤 등가 시간 샘플링에서 샘플링 클럭은 입력 신호 및 트리거와 비동기적으로 작동합니다.

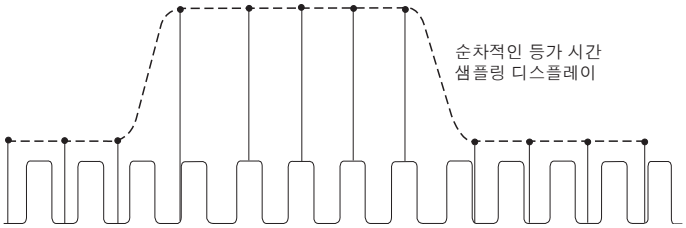


그림 32. 순차적인 등가 시간 샘플링의 경우 각 사이클마다 증가되는 지연 시간 후에 인식된 각 트리거에 대한 단일 샘플이 수집됩니다.

랜덤 등가 시간 샘플링

무작위 등가 시간 디지타이저(샘플러)는 그림 31에 나온 것처럼 입력 신호 및 신호 트리거와 비동기적으로 작동하는 내장 클럭을 사용합니다. 샘플은 트리거 위치와는 개별적으로 연속해서 수집되며, 샘플과 트리거 사이의 시간 차이를 기준으로 표시됩니다. 샘플이 시간상 순차적으로 수집되기는 하지만 트리거에 대해서는 무작위이므로 "무작위" 등가 시간 샘플링이라는 이름이 사용됩니다. 샘플 포인트가 오실로스코프 화면에 표시될 때는 파형을 따라 무작위로 나타납니다.

트리거 포인트 전에 샘플을 획득 및 표시할 수 있는 기능이 이 샘플링 방식의 주요 장점으로, 외부 프리 트리거 신호 또는 지연 라인이 필요하지 않습니다. 또한 샘플링 속도와 디스플레이의 시간 창에 따라 무작위 샘플링으로 트리거 이벤트마다 2개 이상을 샘플을 획득할 수도 있습니다. 하지만 스위프 속도가 더 빠르다면 디지타이저에서 트리거마다 샘플링하지 못할 때까지 획득 창이 좁아집니다. 대개 이와 같이 빠른 스위프 속도에서 매우 정밀한 타이밍 측정이 이루어지며, 순차적인 등가 시간 샘플러의 탁월한 시간 분해능이 가장 유용한 경우입니다. 무작위 등가 시간 샘플링의 경우 대역폭 제한이 순차적인 시간 샘플링보다 적습니다.

순차적인 등가 시간 샘플링

순차적인 등가 시간 샘플러는 그림 32에 나온 것처럼 시간 영역 설정 또는 스위프 속도에 관계없이 트리거마다 하나의 샘플을 획득합니다. 트리거가 탐지되면 아주 짧지만 잘 정의된 지연 후에 샘플이 수집됩니다. 다음 트리거가 발생하면 이 지연에 약간의 시간(델타 T)이 증가되고 디지타이저에서 또 하나의 샘플을 수집합니다. 이 과정은 시간 창이 채워질 때까지 이전 획득에 "델타 T"가 매번 추가되면서 수 차례 반복됩니다. 샘플 포인트가 오실로스코프 화면에 표시될 때는 파형을 따라 왼쪽에서 오른쪽 방향으로 순차적으로 나타납니다.

기술적으로 보자면 무작위 샘플러에 필요한 트리거 포인트에 대한 샘플의 수직 및 수평 위치를 정확하게 측정하는 것보다 아주 짧고 매우 정밀한 "델타 T"를 만드는 것이 더 쉽습니다. 순차적인 샘플러가 탁월한 시간 분해능을 제공하는 이유는 바로 이와 같이 정밀하게 측정되는 지연 때문입니다. 순차적인 샘플링의 경우 트리거 레벨이 탐지된 후에 샘플이 수집되므로 아날로그 지연 라인 없이 트리거 포인트를 표시할 수 없으며, 결과적으로 계측기의 대역폭이 줄어듭니다. 외부 프리 트리거를 사용할 수 있는 경우 대역폭에는 영향이 없습니다.

위치 및 초 영역

수평 위치 컨트롤을 사용하면 파형을 좌우로 이동하여 화면에서 정확히 원하는 위치로 조정할 수 있습니다.

초 영역 설정(일반적으로 sec/div로 표시)으로 파형이 화면에 그려지는 속도를 선택할 수 있습니다(시간축 설정 또는 스위프 속도라고도 부름). 이 설정은 스케일 단위로 조정됩니다. 설정이 1ms라면 각 수평 영역이 1ms이고 전체 화면 폭은 10ms 또는 10 영역이 됩니다. 초 영역 설정을 변경하여 입력 신호를 더 길거나 더 짧은 간격으로 볼 수 있습니다.

수직 볼트 영역 스케일과 마찬가지로 수평 초 영역 스케일에도 가변 타이밍을 적용하여 개별 설정 사이에 수평 시간 스케일을 설정할 수 있습니다.

시간축 선택

오실로스코프에는 일반적으로 주 시간축이라고 칭하는 시간축이 있습니다. 또한 많은 오실로스코프에는 지연 시간축이 있는데, 이는 주 시간축 스위프에서 사전 정의된 시간에 비례하여 시작하거나 시작하도록 트리거될 수 있는 스위프를 가진 시간축입니다. 지연 시간축 스위프를 사용하면 이벤트를 더 분명하게 볼 수 있으며, 주 시간축 스위프만으로는 보이지 않는 이벤트도 확인할 수 있습니다.

지연 시간축을 사용하려면 지연 시간을 설정해야 하며, 지연 트리거 모드를 비롯하여 본 입문서에는 설명되어 있지 않은 다른 설정을 사용할 수 있어야 합니다. 위 기능을 사용하는 방법은 오실로스코프와 함께 제공되는 설명서를 참조하십시오.

줌/팬

오실로스코프에 따라 화면의 파형을 부분적으로 확대하여 표시할 수 있는 특별한 수평 확대 설정이 지원됩니다. 일부 오실로스코프에는 줌 기능뿐 아니라 팬 기능도 있습니다. 노브를 사용하여 줌 배율 또는 스케일을 조정하고, 파형에서 줌 상자를 패닝합니다.

검색

일부 오실로스코프는 검색 및 마크 기능을 제공하며, 이를 활용하면 긴 획득을 신속하게 탐색하여 사용자 정의 이벤트를 찾을 수 있습니다.

XY 모드

대부분의 오실로스코프에는 수평축에 시간축이 아니라 입력 신호를 표시할 수 있는 XY 모드가 있습니다. 위상 변화 측정 기법의 완전히 새로운 장을 연 이 작동 모드에 대한 설명은 본 입문서의 측정 기법 부분에 있습니다.

Z축

디지털 포스퍼 오실로스코프(DPO)에는 높은 디스플레이 샘플 밀도와 명암 정보를 캡처할 수 있는 고유의 기능이 있습니다. DPO는 명암축(Z축)을 사용하여 아날로그 오실로스코프와 유사한 3차원 실시간 디스플레이를 제공합니다. DPO에서 파형 트레이스를 보면 밝은 부분 즉, 신호가 가장 자주 발생하는 부분을 볼 수 있습니다. 이 디스플레이는 기본 신호 형태와 때때로 발생하는 이상신호를 손쉽게 구분할 수 있도록 기본 신호를 훨씬 더 밝게 표시합니다. Z축의 활용 방법 중 하나는 별도의 Z 입력에 특별한 타이밍의 신호를 공급하여 파형에 일정한 간격으로 강조 표시되는 "마커"를 만드는 것입니다.

DPO의 XYZ 모드와 XYZ 레코드 디스플레이

일부 DPO의 경우 Z 입력을 사용하여 명암 그레이딩이 포함된 XY 디스플레이를 만들 수 있습니다. 이 경우 DPO는 Z 입력에서 이상신호적인 데이터 값을 샘플링하고 그 값을 사용하여 파형의 특정 부분을 검증합니다. 샘플 검증이 완료되면 해당 샘플을 누적하여 명암 그레이딩 방식의 XYZ 디스플레이를 만듭니다. XYZ 모드는 특히 무선 통신 장치를 테스트할 때 흔히 사용되는 극 패턴을 표시하는 데 유용합니다(예: 컨스털레이션 다이어그램). XYZ 데이터를 표시하는 또 다른 방법으로는 XYZ 레코드 디스플레이가 있습니다. 이 모드에서는 DPO 데이터베이스 대신 획득 메모리에 있는 데이터가 사용됩니다.

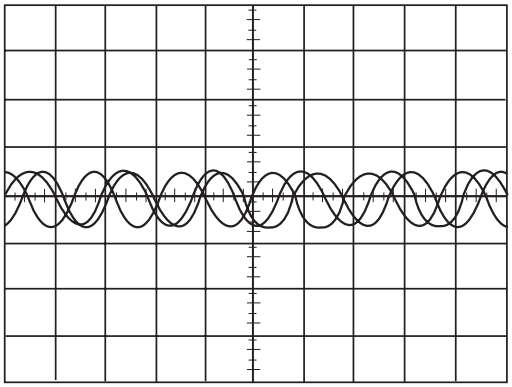


그림 33. 트리거 미적용 상태의 디스플레이

트리거 시스템 및 컨트롤

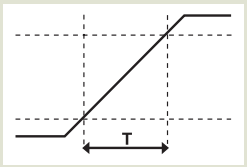
오실로스코프의 트리거 기능은 신호의 정확한 포인트에서 수평 스위프와 동기화되며, 이는 명확한 신호 특성화에 필수적입니다. 트리거 컨트롤을 사용하면 반복적인 파형을 안정화하고 1회성 파형을 캡처할 수 있습니다. 트리거는 오실로스코프의 디스플레이에 입력 신호의 동일한 부분을 반복적으로 표시함으로써 반복적인 파형이 정지된 것처럼 보이도록 만듭니다. 그림 33에 나온 것처럼 신호의 서로 다른 부분에서 매번 스위프가 시작되면 화면이 얼마나 복잡할지 상상해 보십시오.

아날로그 및 디지털 오실로스코프에서 사용 가능한 에지 트리거링은 가장 흔하고 기본적인 유형입니다. 아날로그 및 디지털 오실로스코프에서 모두 제공하는 임계값 트리거링 기능과 더불어, 많은 디지털 오실로스코프는 아날로그 계측기에서 제공하지 않는 다양한 특수 트리거 설정을 지원합니다. 이러한 트리거는 입력 신호 내의 특정 조건에 대응하므로 예를 들어 원래 예정보다 더 좁은 펄스도 손쉽게 탐지할 수 있습니다. 전압 임계값 트리거만으로는 위와 같은 조건을 탐지할 수 없습니다.

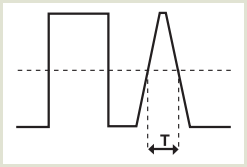
고급 트리거 컨트롤을 사용하면 특정 관심 이벤트를 격리하여 오실로스코프의 샘플링 속도와 레코드 길이를 최적화할 수 있습니다. 일부 오실로스코프의 고급 트리거링 기능에는 엄선된 컨트롤이 지원됩니다. 진폭으로 정의되는 펄스(예: 런트 펄스), 시간으로 검증되는 펄스(펄스 폭, 글리치, 슬루 레이트, 셋업 & 홀드, 시간 초과), 로직 스테이트 또는 패턴에 따라 정의되는 펄스(로직 트리거링)에 대해 트리거링할 수 있습니다.

기타 고급 트리거 기능의 예:

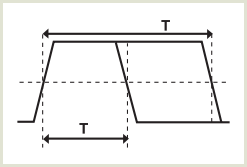
- **패턴 락 트리거링 –** 오실로스코프가 탁월한 시간축 정밀성으로 긴 시리얼 테스트 패턴에서 동기화된 획득을 취하게 만들어 줌으로써 패턴 락 트리거링은 NRZ 시리얼 패턴 트리거링에 새로운 장을 열었습니다. 패턴 락 트리거링은 긴 시리얼 데이터 패턴에서 무작위 지터를 제거하는 데 사용될 수도 있습니다. 특정 비트 트랜지션 현상을 조사할 수도 있으며 마스크 테스트와 함께 평균도 사용할 수 있습니다.
- **시리얼 패턴 트리거링 –** 시리얼 패턴 트리거링은 시리얼 아키텍처를 디버그하는 데 사용할 수 있습니다. 이 기능은 내장 클럭 복구를 사용하여 NRZ 시리얼 데이터 스트림의 시리얼 패턴에 대한 트리거를 제공하며, 물리 계층과 연결 계층에서 이벤트를 상호 연계합니다. 계측기에서 클럭 신호를 복구하고, 트랜지션을 식별하며, 캡처할 시리얼 패턴 트리거에 대해 인코딩된 단어를 사용자가 원하는 대로 설정하도록 지원합니다.
- **A & B 트리거링 -** 일부 트리거 시스템은 단일 이벤트(A 이벤트)에 대해서만 다중 트리거 유형을 제공하고, 지연된 트리거(B 이벤트)의 선택은 에지 유형의 트리거로 제한되며, B 이벤트가 발생하지 않을 경우 트리거 시퀀스를 재설정할 수 있는 기능을 제공하지 않는 경우가 일반적입니다. 최신 오실로스코프는 해당 이벤트를 검색할 때 제어할 수 있는 로직 검증 기능과 지정된 시간, 상태 또는 트랜지션 후에 트리거 시퀀스를 다시 시작할 수 있게 해 주는 트리거 재설정 기능과 함께 A 및 B 트리거 모두에 대해 고급 트리거 유형을 완벽히 제공함으로써 가장 복잡한 신호의 이벤트도 캡처할 수 있게 해 줍니다.
- **검색 및 마크 트리거링 –** 하드웨어 트리거는 한 번에 하나의 이벤트 유형을 감시하지만, 검색 기능은 여러 이벤트 유형을 동시에 살필 수 있습니다. 예를 들어, 다중 채널에서 셋업 & 홀드 시간 위반에 대해 검색할 수 있습니다. 검색 기능에서 검색 기준을 만족하는 이벤트를 표시하는 개별 마크를 배치할 수 있습니다.
- **트리거 보정 –** 트리거와 데이터 획득 시스템은 서로 다른 경로를 공유하므로 트리거 위치와 획득된 데이터 사이에 본질적으로 시간 지연이 일부 존재합니다. 그 결과가 스큐와 트리거 지터입니다. 트리거 보정 시스템을 통해 계측기는 트리거 위치를 조정하고 트리거 경로와 데이터 획득 경로 사이에 존재하는 지연 차이를 보정합니다. 이에 따라 트리거 포인트에서 트리거 지터를 거의 없앨 수 있습니다. 이 모드에서 트리거 포인트는 측정 기준으로 사용될 수 있습니다.



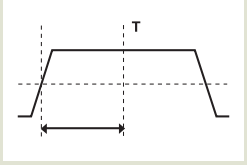
슬루 레이트 트리거링. 슬루 레이트가 예상하거나 필요한 것보다 빠른 고주파 신호의 경우 성가신 에너지를 방출할 수 있습니다. 슬루 레이트 트리거링은 시간 요소를 추가하고 사용자가 고속 또는 저속 에지에 대해 선택적으로 트리거할 수 있도록 지원하여 기존 에지 트리거링보다 뛰어납니다.



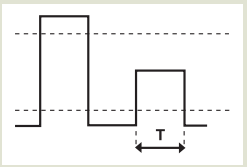
글리치 트리거링. 글리치 트리거링은 디지털 펄스가 사용자가 정의한 시간 제한보다 짧거나 길 때 트리거할 수 있습니다. 이 트리거 컨트롤을 사용하면 희귀한 글리치의 원인과 다른 신호에 대한 영향을 검사할 수 있습니다.



펄스 폭 트리거링. 펄스 폭 트리거링을 사용하면 신호를 무기한으로 모니터링하고, 지속 시간(펄스 폭)이 허용 가능한 한계를 벗어나는 펄스가 최초 발생할 때 트리거할 수 있습니다.

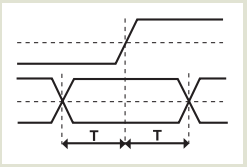


시간 초과 트리거링. 시간 초과 트리거링은 지정한 경과 시간을 기준으로 트리거함으로써 트리거 펄스가 종료되기를 기다릴 필요 없이 이벤트에 대해 트리거할 수 있습니다.

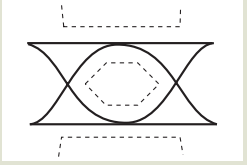


런트 펄스 트리거링. 런트 트리거링을 사용하면 모두가 아니라 하나의 로직 임계값을 교차하는 펄스를 캡처 및 검사할 수 있습니다.

로직 트리거링. 로직 트리거링은 사용 가능한 입력 채널의 모든 논리 조합에 대한 트리거를 지원하며, 특히 디지털 로직의 작동을 검증하는 데 유용합니다.



셋업 & 홀드 트리거링. 다른 트리거 모드로는 거의 확실히 누락되는 셋업 & 홀드 시간에 대한 단일 위반을 확실하게 잡을 수 있는 방법은 셋업 & 홀드 트리거링이 유일합니다. 이 트리거 모드를 사용하면 동기 데이터 신호가 셋업 & 홀드 사양을 만족하지 못할 때 특정 신호의 품질과 타이밍 정보를 손쉽게 캡처할 수 있습니다.



통신 트리거링. 일부 오실로스코프 모델에서 옵션으로 제공하는 트리거 모드로, 광범위한 AMI(Alternate-Mark Inversion), CMI(Code-Mark Inversion), NRZ(Non-Return to Zero) 통신 신호를 획득하는 기능을 제공합니다.

그림 34. 일반적인 트리거 타입

- **특정 표준 신호(I²C, CAN, LIN 등)에 대한 시리얼 트리거링** – 일부 오실로스코프는 CAN, LIN, I²C, SPI 등의 표준 시리얼 데이터 신호에서 특정 신호 유형에 대해 트리거할 수 있는 기능을 제공합니다. 또한 최신 오실로스코프는 대개 이러한 신호 유형의 디코딩 기능도 제공합니다.
- **패럴렐 버스 트리거링** – 복수의 패럴렐 버스를 정의하고 한 번에 표시하여 장시간의 디코딩된 패럴렐 버스 데이터를 손쉽게 확인할 수 있습니다. 어떤 채널이 클럭 및 데이터 라인인지 지정함으로써 버스 콘텐츠를 자동으로 디코딩하는 일부 오실로스코프에서 패럴렐 버스 디스플레이를 생성할 수 있습니다. 패럴렐 버스 트리거링을 사용하여 캡처 및 분석를 간소화하면 수많은 시간을 절약할 수 있습니다.

일부 오실로스코프의 선택 사항인 트리거 컨트롤은 통신 신호 또한 검사하도록 특별히 설계되었습니다. 그림 34에 이러한 일반적인 트리거 유형이 더 자세하게 요약되어 있습니다. 또한 일부 오실로스코프의 직관적인 사용자 인터페이스는 테스트 설정의 폭넓은 유연성으로 트리거 파라미터를 신속하게 설정하여 생산성을 극대화할 수 있습니다.

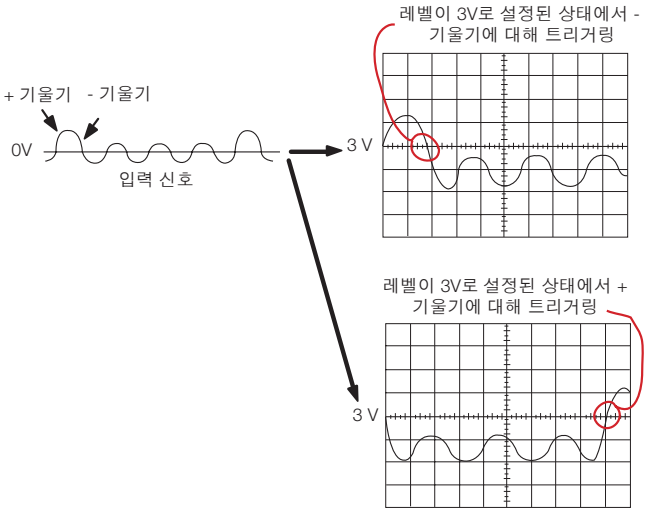


그림 35. + 및 - 기울기 트리거링

트리거 위치

수평 트리거 위치 컨트롤은 디지털 오실로스코프에서만 제공하는 기능입니다. 트리거 위치 컨트롤은 오실로스코프의 수평 컨트롤 부분에 배치되어 있는 경우가 많습니다. 이는 실제로 파형 레코드에서 트리거의 수평 위치를 나타냅니다.

수평 트리거 위치를 바꾸면 트리거 이벤트 이전 신호를 캡처할 수 있으며, 이를 프리 트리거 관측이라고 부릅니다. 이를 통해 트리거 포인트 앞과 뒤에서 모두 볼 수 있는 신호의 길이를 정합니다.

디지털 오실로스코프는 트리거의 수신 여부에 관계없이 입력 신호를 지속적으로 처리하므로 프리 트리거 관측 기능을 제공할 수 있습니다. 일정한 데이터 스트림이 오실로스코프를 통과하며, 트리거는 단지 오실로스코프에 현재 데이터를 메모리에 저장하라는 신호일 따름입니다.

반면, 아날로그 오실로스코프는 트리거 수신 후에만 신호를 표시(CRT에 기록)할 수 있습니다. 따라서 아날로그 오실로스코프는 수직 시스템의 지연 라인에서 제공하는 소량의 프리 트리거를 제외한 프리 트리거 관측을 지원하지 않습니다.

프리 트리거 관측은 문제 해결에 유용합니다. 문제가 간헐적으로 발생하는 경우 문제에 대해 트리거하고, 원인이 되는 이벤트를 기록하고, 원인을 찾을 수 있습니다.

트리거 레벨 및 기울기

트리거 레벨 및 기울기 컨트롤은 그림 35에 나온 것처럼 기본적인 트리거 포인트 정의 기능을 제공하며 파형의 디스플레이 방식을 결정합니다.

트리거 회로는 비교기와 같은 역할을 합니다. 사용자가 비교기의 단일 입력에 대해 기울기와 전압 레벨을 설정합니다. 다른 비교기 입력의 트리거 신호가 사용자 설정과 일치할 경우 오실로스코프에서 트리거를 생성합니다.

기울기 컨트롤은 트리거 포인트가 신호의 상승 에지 또는 하강 에지 중 어느 곳에 있는지 결정합니다. 상승 에지는 + 기울기이며, 하강 에지는 - 기울기입니다. 레벨 컨트롤은 에지의 어느 곳에서 트리거 포인트가 발생하는지 판단합니다.

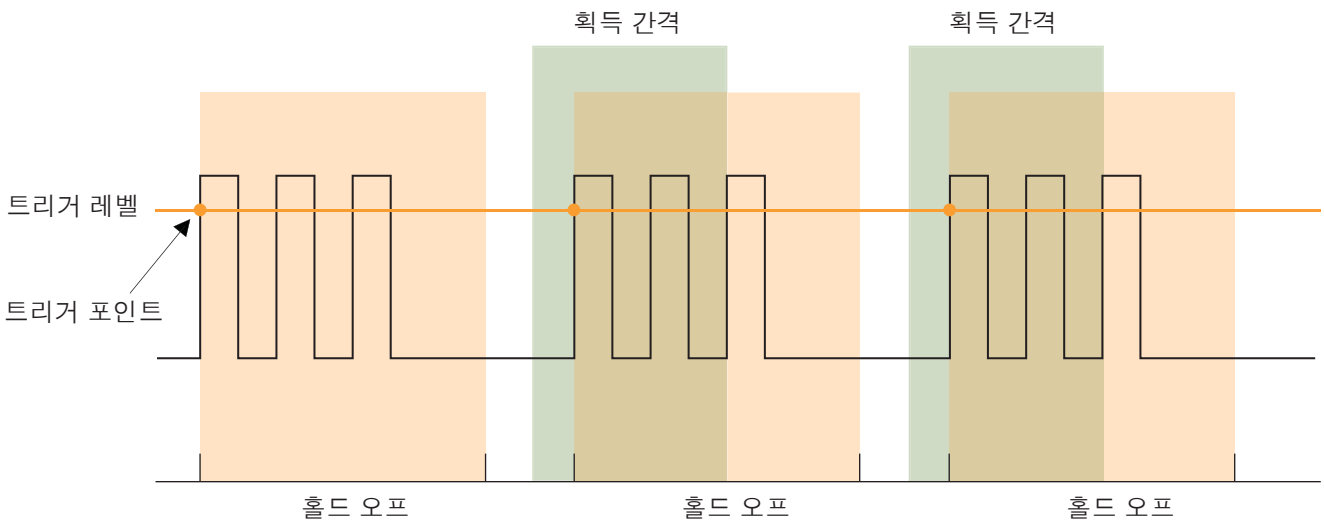
트리거 소스

오실로스코프에는 표시되는 신호에 대한 트리거가 반드시 필요한 것은 아닙니다. 다음 몇 가지 소스도 스위프를 트리거할 수 있습니다.

- 임의의 입력 채널
- 입력 채널에 적용된 신호 이외의 외부 소스
- 파워 소스 신호
- 하나 이상의 입력 채널에 대해 오실로스코프에서 내부적으로 정의한 신호

대부분의 경우 오실로스코프를 표시되는 채널에 대해 트리거하도록 설정할 수 있습니다. 일부 오실로스코프는 트리거 신호를 다른 장비로 전달하는 트리거 출력을 제공합니다.

오실로스코프는 표시 여부에 관계없이 대체 트리거 소스를 사용할 수 있으므로 예를 들어 채널 2가 표시되는 동안 실수로 채널 1에 트리거를 적용하지 않도록 주의해야 합니다.



홀드 오프 시간 동안에는 새로운 트리거가 인식되지 않습니다.

그림 36. 트리거 홀드 오프

트리거 모드

트리거 모드는 신호 조건을 기준으로 오실로스코프에서 파형을 그릴 것인지 판단하며, 일반적으로 일반 및 자동 모드가 있습니다.

일반 모드에서 오실로스코프는 설정한 트리거 포인트에 입력 신호가 도달한 경우에만 스위프하며, 그 외의 경우에는 아날로그 오실로스코프의 화면은 공백으로, 디지털 오실로스코프는 최근 획득한 파형으로 고정됩니다. 레벨 컨트롤이 정확하게 조정되어 있지 않으면 처음에 신호를 확인하지 못할 수도 있어 일반 모드는 혼란스러울 수 있습니다.

자동 모드에서 오실로스코프는 트리거가 없더라도 스위프를 실행합니다. 신호가 존재하지 않을 경우 오실로스코프 내의 타이머가 스위프를 트리거합니다. 따라서 신호가 트리거를 발생시키지 않더라도 디스플레이가 사라지지 않습니다.

실제로는 두 가지 모드를 모두 사용하게 됩니다. 일반 모드는 트리거가 느린 속도로 발생하더라도 관심 신호만을 볼 수 있기 때문이며, 자동 모드는 조정 필요성이 적기 때문입니다.

많은 오실로스코프에는 또한 단일 스위프, 비디오 신호에 대한 트리거링 또는 트리거 레벨 자동 설정 등의 특별 모드가 포함되어 있습니다.

트리거 커플링

수직 시스템에서 AC 또는 DC 커플링을 선택할 수 있는 것처럼, 트리거 신호에 대한 커플링의 종류도 선택할 수 있습니다.

오실로스코프에 따라 AC 및 DC 커플링 이외에도 고주파 제외, 저주파 제외, 노이즈 제외 트리거 커플링이 지원될 수 있습니다. 이와 같은 특별한 설정은 트리거 신호에서 노이즈를 제거하여 잘못된 트리거링을 방지하는 데 유용합니다.

트리거 홀드 오프

오실로스코프가 신호의 정확한 부분에 대해 트리거하도록 만드는 데는 상당한 기술이 필요하기도 합니다. 많은 오실로스코프는 이 작업을 쉽게 만들어 주는 특별한 기능을 제공합니다.

트리거 홀드 오프란 유효 트리거 이후 오실로스코프에서 트리거할 수 없는 기간을 조정하는 기능입니다. 오실로스코프는 적절한 트리거 포인트에 대해서만 트리거하므로 이 기능은 복잡한 파형에 트리거할 때 유용합니다. 그림 36에 트리거 홀드 오프를 사용하여 실용적인 디스플레이를 만드는 방법이 나와 있습니다.

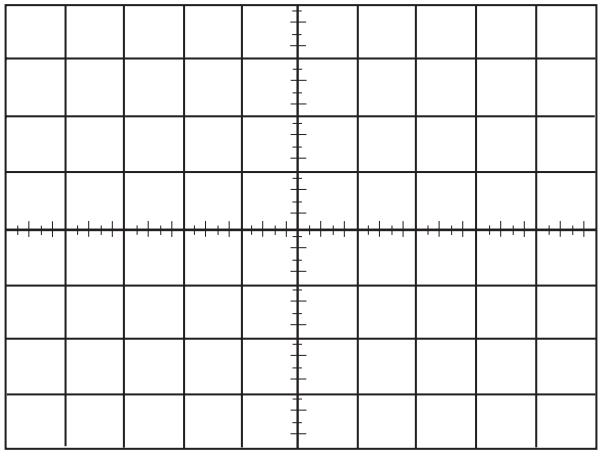


그림 37. 오실로스코프 눈금

디스플레이 시스템 및 컨트롤

오실로스코프의 전면부에는 디스플레이 화면과 신호 획득 및 디스플레이를 제어하는 데 사용되는 노브, 버튼, 스위치, 표시등이 있습니다. 본 절에 앞서 설명한 바와 같이, 전면부 컨트롤은 일반적으로 수직, 수평, 트리거 섹션으로 나뉘어 있습니다. 전면부에는 입력 커넥터도 포함되어 있습니다.

지금 오실로스코프의 디스플레이를 살펴보십시오. 화면의 격자 표시를 눈여겨보십시오. 이 표시가 바로 눈금입니다. 각 수직 및 수평 라인이 주요 영역을 구성합니다. 눈금은 일반적으로 8 x 10 영역 패턴으로 배치되어 있습니다. 오실로스코프 컨트롤의 라벨 표기(예: volts/div, sec/div)는 항상 주요 영역을 기준으로 합니다. 그림 37에서 볼 수 있는 중앙 수평 및 수직 눈금의 틱 마크를 보조 영역이라고 부릅니다. 많은 오실로스코프는 각 수직 영역이 나타내는 전압 수와 각 수평 영역이 나타내는 초 수를 화면에 표시합니다.

기타 오실로스코프 컨트롤

수학 및 측정 작업

오실로스코프에 따라 파형을 서로 합쳐서 새로운 파형 디스플레이를 만들 수 있는 기능이 제공될 수 있습니다. 아날로그 오실로스코프는 신호를 조합하는 반면, 디지털 오실로스코프는 새로운 파형을 수학적으로 생성합니다. 파형을 빼는 것도 수학 연산으로 처리됩니다.

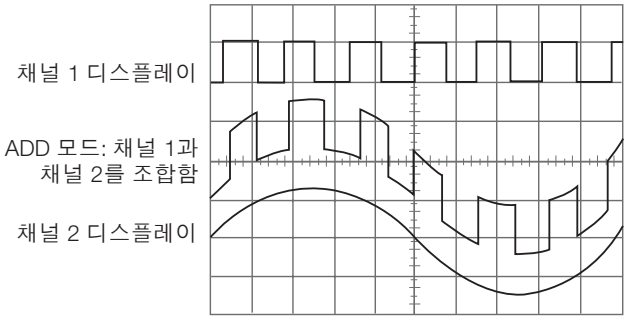


그림 38. 채널 추가

아날로그 오실로스코프의 경우 한 신호에 대해 채널 반전 기능을 사용하고 덧셈 연산을 적용하는 방법으로 채널을 뺍니다. 디지털 오실로스코프는 일반적으로 뺄셈 연산 기능을 지원합니다. 그림 38에 서로 다른 두 개의 신호를 조합해서 만든 제 3의 파형이 나와 있습니다.

디지털 오실로스코프는 내부 프로세서의 기능을 활용하여 곱셈, 나눗셈, 적분, 고속 푸리에 변환(FFT) 등의 다양한 고급 수학 연산을 지원합니다. 이러한 고급 신호 처리 기능을 통해 테스트 대상 장치에서 설비의 특성을 분리하는 데 쓰일 수 있는 필터 블록의 삽입, 또는 로우-패스 필터와 같은 원하는 주파수 응답을 가진 필터 블록의 구현 등과 같은 기능을 수행할 수 있습니다. 프로세싱 블록은 전용 장치가 아니라 유연성이 있으며, 예를 들어 프리엠퍼시스/디엠퍼시스 체계의 시뮬레이션과 같은 임의 필터를 대신 실행할 수도 있습니다.

디지털 타이밍 및 스테이트 획득

혼합 신호 오실로스코프에서 제공하는 디지털 채널을 활용하면 로직 애널라이저와 유사한 수준의 획득 성능을 얻을 수 있습니다. 디지털 획득 기법은 주로 다음 두 가지가 사용됩니다. 첫 번째 기법은 MSO가 MSO의 샘플링 속도에 따라 결정되는 균일한 간격의 시간으로 디지털 신호를 샘플링하는 타이밍 획득 방식입니다. 각 샘플링 포인트에서 MSO는 신호의 로직 스테이트를 저장하고 신호의 타이밍 다이어그램을 작성합니다. 두 번째 디지털 획득 기법은 스테이트 획득 방식입니다. 스테이트 획득은 디지털 신호의 로직 스테이트가 유효하며 안정적인 특정 시간을 정의합니다. 이 방식은 동기 및 클럭 적용 디지털 회로에서 흔히 사용됩니다. 클럭 신호는 신호 스테이트가 유효한 시간을 정의합니다. 예를 들어, 상승 에지 클러킹이 적용된 D-플립플롭의 경우 입력 신호 안정 시간이 상승 클럭 에지 부근입니다.

상승 에지 클러킹이 적용된 D-플립플롭의 출력 신호 안정 시간은 하강 클럭 에지 부근입니다. 동기 회로의 클럭 주기가 고정되어 있지 않을 수도 있으므로, 스테이트 획득 사이의 시간이 타이밍 획득의 경우처럼 일정하지 않을 수 있습니다.

혼합 신호 오실로스코프의 디지털 채널은 로직 애널라이저가 타이밍 획득 모드에서 신호를 획득하는 방식과 유사하게 신호를 획득합니다. 그 다음 MSO는 타이밍 획득을 로직 애널라이저의 스테이트 획득 디스플레이와 유사한 클럭이 적용된 버스 디스플레이 및 이벤트 테이블로 디코딩하며, 디코딩 도중 사용자에게 중요한 정보를 제공합니다.

지금까지 초보자가 알아야 할 기본적인 오실로스코프 컨트롤에 대해 설명했습니다. 오실로스코프에 따라 다양한 기능을 하는 다른 컨트롤이 있을 수 있습니다. 그 중 몇 가지 예는 다음과 같습니다.

- 파라미터 자동 측정
- 측정 커서
- 수학 연산 또는 데이터 입력용 키패드
- 인쇄 기능
- 오실로스코프를 컴퓨터 또는 인터넷에 직접 연결할 수 있는 인터페이스

자신이 사용할 수 있는 기타 옵션을 살펴보고 오실로스코프의 설명서를 통해 이러한 다른 컨트롤에 대해 자세히 알아보십시오.

전체 측정 시스템

프로브

최첨단 계측기라 하더라도 입력되는 데이터만큼 정밀할 수는 없습니다. 프로브는 오실로스코프와 함께 측정 시스템의 일부를 구성합니다. 정밀 측정은 프로브 팁에서 시작됩니다. 오실로스코프와 테스트 대상 장치(DUT)와 조화를 이루는 적절한 프로브는 신호를 오실로스코프에 선명하게 표시할 수 있을 뿐 아니라, 최상의 신호 무결성과 측정 정밀도를 위해 신호를 증폭하고 보존하는 역할도 합니다.

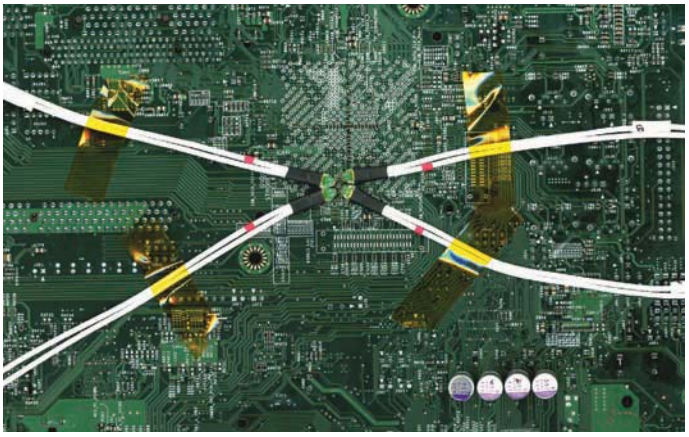


그림 39. 촘촘하게 밀집된 장치 및 시스템의 경우 작은 규격의 프로브가 필요합니다.

신호의 정확한 재구성을 보장하려면 오실로스코프와 조합할 때 신호 대역폭을 5배 초과하는 프로브를 선택하십시오.

프로브는 실제로 측정 결과를 필연적으로 변화시키는 저항성, 용량성, 유도성 부하를 유입하면서 회로의 일부가 됩니다. 가장 정확한 결과를 위해서는 부하가 최소인 프로브를 선택해야 합니다. 프로브와 오실로스코프를 완벽하게 조합하면 부하가 최소화되며 오실로스코프의 역량, 기능, 특성에 모두 액세스할 수 있습니다.

고려해야 하는 또 다른 요소는 프로브의 규격입니다. 작은 규격의 프로브를 사용하면 촘촘하게 배치된 최신 회로에 쉽게 액세스할 수 있습니다(그림 39 참조).

다음은 프로브 유형에 대한 설명입니다. 전반적인 측정 시스템의 필수 컴포넌트인 프로브에 대한 자세한 내용은 텍트로닉스의 프로브 기초 입문서를 참조하십시오.

그림 40. 일반적인 패시브 프로브 및 액세서리

패시브 프로브

패시브 프로브는 일반적인 신호 및 전압 레벨 측정을 위해 경제적인 가격에 사용이 용이하며 광범위한 측정 기능을 제공합니다. 패시브 전압 프로브와 전류 프로브를 결합하면 전력 측정에 이상적인 솔루션을 제공합니다.

대부분의 패시브 프로브는 10X, 100X 등과 같은 감쇠 계수를 가지고 있습니다. 통상적으로 감쇠 계수는 10X 어테뉴에이터 프로브와 같이 계수 뒤의 X로 표시합니다. 반면 확대 계수는 X10과 같이 X를 먼저 표기합니다.

10X("10배"라고 읽음) 어테뉴에이터 프로브는 1X 프로브에 비해 회로 부하가 낮고 뛰어난 범용 패시브 프로브입니다. 고주파 및/또는 더 높은 임피던스 시그널 소스의 경우 회로 부하에 더 민감해지므로 프로브를 선택하기 전에 반드시 이러한 신호/프로브 부하의 상호 작용을 분석해야 합니다. 10X 어테뉴에이터 프로브는 측정의 정밀도를 높여 주는 반면, 오실로스코프 입력단에서 신호의 진폭을 10배까지 낮춥니다.

10X 어테뉴에이터 프로브는 신호를 감쇠시켜 피크 대 피크 전압이 10mV 미만인 신호를 확인하기 어렵습니다. 1X 프로브는 10X 어테뉴에이터 프로브와 유사하지만 감쇠 회로가 제외된 제품입니다. 감쇠 회로가 없으므로 테스트 대상 회로에 간섭이 더 많이 유입됩니다.

10X 어테뉴에이터 프로브를 범용 프로브로 사용하되, 저속 저진폭 신호 측정을 위해 1X 프로브도 찾기 쉬운 곳에 보관하십시오. 일부 프로브는 프로브 팁에서 1X 또는 10X로 감쇠 기능을 전환할 수 있는 편리한 기능이 있습니다. 사용하는 프로브에 이러한 기능이 있을 경우 측정 전에 올바르게 설정했는지 확인하십시오.

많은 오실로스코프에는 1X 또는 10X 프로브가 사용되고 있는지 탐지하고 화면 판독치를 적절하게 조정하는 기능이 있습니다. 하지만 일부 오실로스코프의 경우 사용자가 사용하고 있는 프로브의 유형을 설정하거나 볼트 영역 컨트롤에서 적절한 1X 또는 10X 표시를 읽어야 합니다.

10X 어테뉴에이터 프로브를 사용하려면 오실로스코프의 전기적 특성에 맞게 프로브의 전기적 특성을 조정해야 합니다. 10X 어테뉴에이터 프로브를 사용하기 전에 특정 오실로스코프에서 이 밸런스에 대한 조정이 필요합니다. 이러한 조정을 프로브 보상이라 부르며, 본 입문서의 오실로스코프 작동 부분에 자세하게 설명되어 있습니다.

그림 40에 나와 있는 것과 같은 패시브 프로브는 뛰어난 범용 프로브 솔루션을 제공합니다. 하지만 범용 패시브 프로브로는 상승 시간이 극히 빠른 신호를 정확하게 측정할 수 없고 민감한 회로에 과도한 부하를 줄 수 있습니다. 신호 클럭 속도와 에지 속도가 꾸준히 높아짐에 따라 부하 발생이 적은 고속 프로브에 대한 요구가 늘고 있습니다. 고속 액티브 및 디퍼런셜 프로브는 고속 및/또는 디퍼런셜 신호를 측정할 때 이상적인 솔루션입니다.

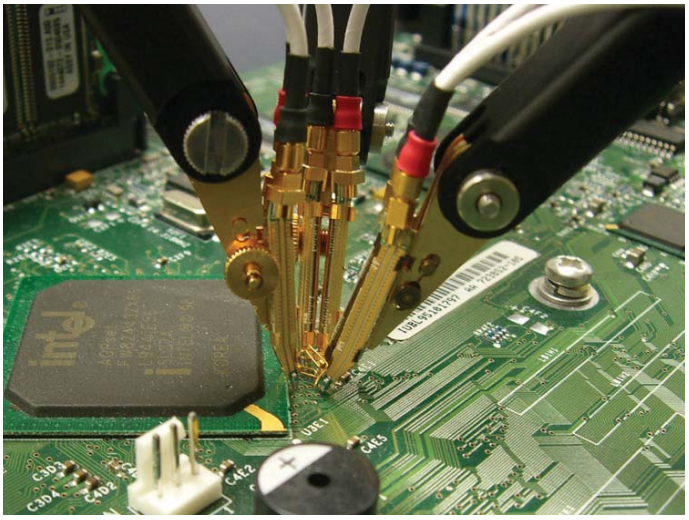


그림 41. 최신 컴퓨터 버스와 데이터 전송 선로에서 발견되는 고속 클럭과 에지를 측정하려면 고성능 프로브가 필수입니다.

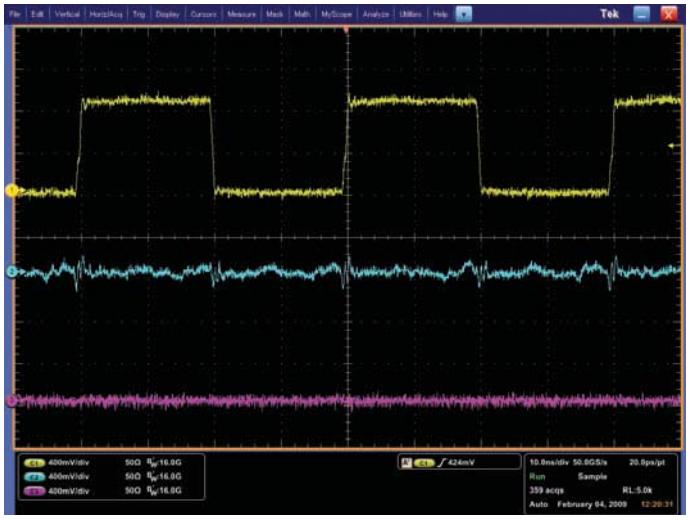


그림 42. 디퍼런셜 프로브는 최신 고속 저전압 애플리케이션의 관심 신호 성분에서 커먼 모드 노이즈를 분리할 수 있으며, 이는 디지털 신호가 IC에서 찾을 수 있는 일반적인 노이즈 임계값 이하로 계속 떨어지는 만큼 특히 중요한 기능입니다.

액티브 및 디퍼런셜 프로브

신호 속도와 저전압 로직 제품군이 증가함에 따라 정밀한 측정 결과를 달성하기가 점점 어려워지고 있습니다. 신호 충실도와 장치 부하는 중대한 문제입니다. 이러한 고속에 대응할 수 있는 완벽한 측정 솔루션이라면 오실로스코프의 성능과 일치하는 고속 고충실도 프로브 솔루션을 들 수 있습니다(그림 41 참조).

액티브 및 디퍼런셜 프로브는 특별히 개발된 IC를 사용하여 오실로스코프에 액세스 및 전송하는 도중 신호를 보존함으로써 신호 무결성을 보장합니다. 상승 시간이 빠른 신호를 측정하는 경우 고속 액티브 또는 디퍼런셜 프로브가 그림 42에 나와 있는 것과 같은 더 정확한 결과를 제공합니다.

새로운 타입의 프로브들은 한 번의 설정 후에 프로브 팁 연결을 조정할 필요 없이 세 가지 유형의 측정을 수행할 수 있는 장점이 있습니다. 동일한 프로브 설정으로 디퍼런셜, 싱글-엔드, 커먼 모드 측정이 가능합니다.

로직 프로브

그림 43에 나온 로직 프로브는 2개의 8채널 포드를 제공합니다. 각 채널은 테스트 대상 장치와 간편하게 연결할 수 있도록 접지부가 함몰된 프로브 팁으로 마감되어 있습니다. 각 포드의 첫 번째 채널 동축은 식별하기 쉽도록 파란색으로 표시되어 있습니다.

그림 43. MSO(혼합 신호 오실로스코프)용 로직 프로브를 활용하면 장치에 대한 디지털 연결을 간소화할 수 있습니다.

공통 접지는 오토모티브 스타일 커넥터를 사용하므로 테스트 대상 장치에 맞춤형 접지를 구성하기가 쉽습니다. 사각 핀에 연결하는 경우 프로브 헤드에 장착하는 어댑터를 사용하여 프로브의 접지부를 프로브 팁과 같은 길이로 연장하는 방법으로 헤더에 장착할 수 있습니다. 이러한 프로브는 최소한의 용량성 부하로 뛰어난 전기적 특성을 제공합니다.

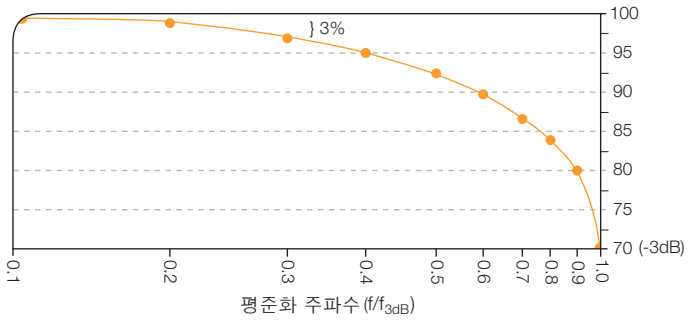


그림 44. 오실로스코프의 대역폭은 사인파 입력 신호가 신호 유효 진폭의 70.7%(-3dB 포인트)로 감쇠되는 주파수입니다.

특수 프로브

위에 언급한 프로브 유형 이외에도 다양한 특수 프로브 및 프로빙 시스템이 존재합니다. 여기에는 몇 가지만 예를 들면 전류, 고전압, 광학 프로브 등이 포함됩니다.

프로브 액세서리

많은 최신 오실로스코프는 입력 및 프로브 커넥터 결합과 관련하여 특별한 자동화 기능을 제공합니다. 지능형 프로브 인터페이스의 경우 프로브를 계측기에 연결하면 오실로스코프에 프로브의 감쇠 계수가 전달되며, 프로브의 감쇠 수치가 화면의 판독치에 반영되도록 디스플레이의 스케일이 조정됩니다. 또한 일부 프로브 인터페이스는 패시브, 액티브, 커런트 등의 프로브 유형까지 인식합니다. 인터페이스가 프로브에 DC 전원 소스의 역할을 할 수도 있습니다. 액티브 프로브의 경우 DC 전원이 필요한 자체 증폭기와 버퍼 회로가 내장되어 있습니다.

고속 신호를 측정할 때 신호 무결성을 높일 수 있는 접지 리드선과 프로브 팁 액세서리도 있습니다. 접지 리드선 어댑터는 프로브 팁에서 DUT까지 아주 짧은 리드선 길이를 유지하는 동시에 프로브 팁과 테스트 대상 장치(DUT)의 접지 리드선 연결부 사이에 유연한 간격을 제공합니다.

프로브 액세서리에 대한 자세한 내용은 텍트로닉스의 프로브 기초 입문서를 참조하십시오.

성능 용어 및 고려 사항

앞서 설명한 것처럼 오실로스코프는 사용자가 관찰 및 해석할 수 있도록 신호 이미지를 캡처하는 카메라와 유사합니다. 셔터 속도, 조명 조건, 조리개 및 필름의 ASA 등급 등은 모두 이미지를 선명하고 정확하게 포착하는 카메라의 성능에 영향을 줍니다.

오실로스코프의 기본 시스템과 마찬가지로, 오실로스코프의 성능 고려 사항도 필요한 신호 무결성을 달성할 수 있는 역량에 크게 영향을 줍니다.

새로운 기술을 익히려면 대개 새로운 용어를 함께 공부해야 합니다. 오실로스코프의 사용법을 익힐 때도 마찬가지입니다. 본 절에서는 유용한 측정 용어와 오실로스코프 성능 용어에 대해 설명합니다. 여기서 설명하는 용어들은 용도에 적합한 오실로스코프를 선택하는 데 중요한 기준을 설명할 때 사용됩니다. 이러한 용어를 이해하면 자신의 오실로스코프를 평가하고 다른 모델과 비교하는 데 도움이 됩니다.

대역폭

대역폭이란 신호를 측정하는 오실로스코프의 기본적인 기능을 결정하는 요소입니다. 신호 주파수가 증가하면 신호를 정확하게 표시할 수 있는 오실로스코프의 역량이 감소합니다. 이 사양은 오실로스코프에서 정확하게 측정할 수 있는 주파수 범위를 나타냅니다.

오실로스코프의 대역폭은 사인파 입력 신호가 신호 유효 진폭의 70.7%(–3dB 포인트, 로그자 기반 용어)로 감쇠되는 주파수로 정의됩니다(그림 44 참조).

오실로스코프가 적절한 대역폭을 지원하지 않는다면 고주파 변화를 분석할 수 없습니다. 진폭은 왜곡되며, 에지가 사라지고, 세부 정보가 손실됩니다. 적절한 대역폭이 지원되지 않으면 오실로스코프의 모든 기능은 아무런 소용이 없습니다.

사용자의 특정 애플리케이션에서 신호 진폭을 정확하게 특성화하는 데 필요한 오실로스코프 대역폭을 판단하려면 "5배 규칙"을 활용하십시오.

$$\text{오실로스코프 대역폭} \geq \frac{\text{신호의 최대 주파수 컴포넌트}}{} \times 5$$

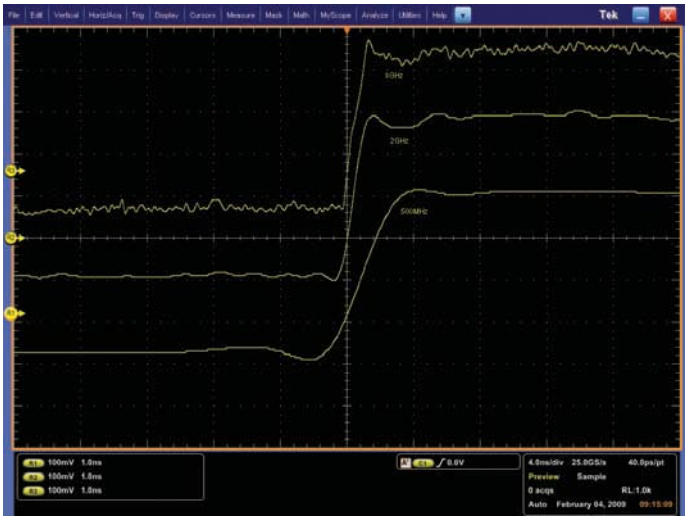


그림 45. 각각 250MHz, 1GHz, 4GHz 대역폭 범위로 캡처된 신호에서 볼 수 있는 것처럼 대역폭이 높을수록 신호가 더 정밀하게 재현됩니다.

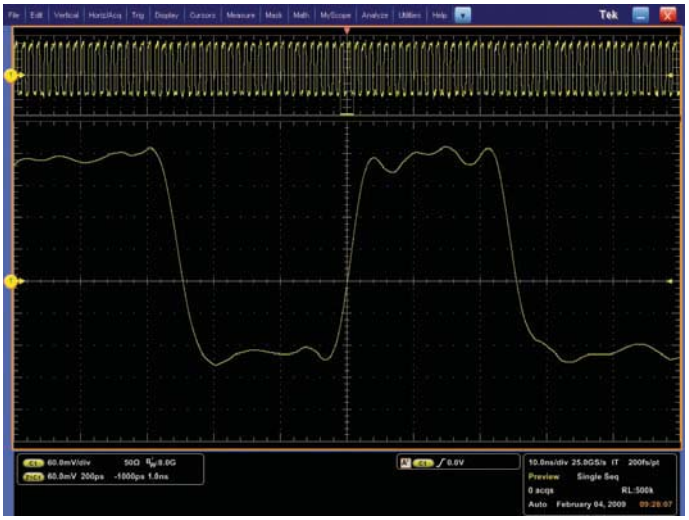


그림 46. 고속 디지털 신호의 상승 시간 특성화

5배 규칙을 사용하여 오실로스코프를 선택하면 측정 결과의 오류는 ±2% 미만이 되며 이는 일반적으로 오늘날 애플리케이션에 충분한 수준입니다. 하지만 신호 속도가 증가하면 이러한 일반론을 적용하지 못할 수도 있습니다. 대역폭이 높으면 신호를 더 정확하게 재현할 가능성도 높아진다는 점을 항상 유의하십시오(그림 45 참조).

일부 오실로스코프는 디지털 신호 처리를 통해 대역폭을 향상시키는 기능을 제공합니다. DSP 임의 이퀄라이제이션 필터가 오실로스코프의 채널 응답을 개선하는 데 사용될 수 있습니다. 이 필터는 대역폭을 확대하고, 오실로스코프의 채널 주파수 응답을 평탄화하며, 위상 선형성을 개선하고, 더 뛰어난 채널 간 매칭을 제공합니다. 더불어 상승 시간을 줄여 주며 시간 영역 단계 응답을 개선해 줍니다.

상승 시간

디지털 분야에서 상승 시간 측정은 매우 중요합니다. 펄스나 스텝과 같은 디지털 신호를 측정할 때는 상승 시간이 더 좋은 성능 고려 사항이 될 수 있습니다. 그림 46에서와 같이 오실로스코프에는 고속 트랜지션의 세부 정보를 정확하게 캡처하는 데 충분한 상승 시간이 제공되어야 합니다.

상승 시간은 오실로스코프의 유효 주파수 범위를 의미합니다. 신호 유형에 필요한 오실로스코프 상승 시간을 계산하려면 다음 방정식을 사용하십시오.

$$\text{오실로스코프 상승 시간} \leq \text{신호의 가장 빠른 상승 시간} \times \frac{1}{5}$$

이러한 오실로스코프 상승 시간 선정 기준이 대역폭의 경우와 유사하다는 점에 유의하십시오. 대역폭의 경우와 마찬가지로, 최신 신호의 엄청난 속도를 고려할 때 일반론이 항상 적용되는 것은 아닙니다. 더 빠른 상승 시간을 지원하는 오실로스코프가 고속 트랜지션의 주요 세부 정보를 더 정확하게 캡처할 수 있다는 점을 항상 기억하십시오.

경우에 따라 신호의 상승 시간 밖에 알 수 없을 때도 있습니다. 다음 방정식을 사용하면 상수를 통해 오실로스코프의 대역폭과 상승 시간을 계산할 수 있습니다.

$$\text{대역폭} = \frac{K}{\text{상승 시간}}$$

여기서 k는 0.35 ~ 0.45 사이의 값으로, 오실로스코프의 주파수 응답 곡선과 펄스 상승 시간 응답에 따라 결정됩니다. 대역폭이 1GHz 미만인 오실로스코프는 대개 0.35 값을 가지며, 대역폭이 1GHz 이상인 오실로스코프는 일반적으로 0.40 ~ 0.45 사이의 값을 가집니다.

로직 그룹	일반적인 신호 상승 시간	계산된 신호 대역폭
TTL	2ns	175MHz
CMOS	1.5ns	230MHz
GTL	1ns	350MHz
LVDS	400ps	875MHz
ECL	100ps	3.5GHz
GaAs	40ps	8.75GHz

그림 47. 일부 로직 그룹은 다른 것보다 본질적으로 빠른 상승 시간을 가집니다.

그림 47에 나온 것처럼 일부 로직 그룹은 다른 것보다 본질적으로 빠른 상승 시간을 가집니다.

샘플링 속도

샘플링 속도는 초당 샘플 수(S/s)로 정의되는데 디지털 오실로스코프에서 신호의 스냅샷 또는 샘플을 획득하는 빈도를 의미하며 영화 카메라의 프레임과 유사합니다. 그림 48에 나온 것처럼 오실로스코프의 샘플링이 빠를수록 즉, 샘플링 속도가 높을수록 표시되는 파형의 분해능과 세부 정보가 뛰어나며, 핵심 정보 또는 이벤트를 놓칠 확률이 적습니다. 오랜 시간에 걸쳐 느리게 변하는 신호를 검사해야 하는 경우에는 최소 샘플링 속도도 중요합니다. 일반적으로 수평 스케일 컨트롤에 변화가 있을 경우 표시되는 파형 레코드에 포함되는 파형 포인트 수를 일정하게 유지할 수 있도록 표시되는 샘플링 속도도 변화됩니다.

필요한 샘플링 속도를 어떻게 계산할 수 있습니까? 그 방법은 측정하는 파형의 유형과 오실로스코프에서 사용하는 신호 재구성 방식에 따라 달라집니다.

Nyquist 원칙에 따르면 신호를 정확하게 재구성하고 앨리어싱을 방지하려면 신호를 최대 주파수 컴포넌트보다 최소 2배 빠른 속도로 샘플링해야 합니다. 하지만 이 원칙은 무한 레코드 길이와 연속 신호를 가정한 것입니다. 무한 레코드 길이를 지원하는 오실로스코프는 존재하지 않으며, 당연히 글리치도 연속적이지 않으므로 최대 주파수 컴포넌트의 2배 속도로 샘플링하는 것으로는 충분하지 않습니다.

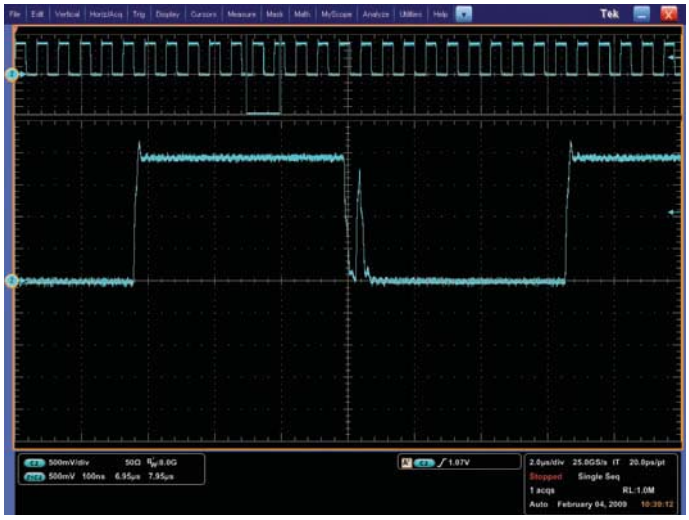


그림 48. 더 빠른 샘플링 속도는 더 높은 신호 분해능을 제공하여 간헐적인 이벤트의 확인을 보장합니다.

실제로 정확한 신호의 재구성 여부는 샘플링 속도와 샘플 사이의 공백을 메우는 데 사용되는 보간 방식에 따라 결정됩니다. 일부 오실로스코프에서는 사인파 신호를 측정할 때 sin (x)/x 보간을, 사각파, 펄스 및 기타 신호에 대해서는 선형 보간을 선택할 수 있습니다.

> sin (x)/x 보간을 사용하여 정확하게 재구성하려면 오실로스코프의 샘플링 속도가 신호의 최대 주파수 컴포넌트보다 최소 2.5배 높아야 합니다. 선형 보간을 사용하는 경우 샘플링 속도가 신호의 최대 주파수 컴포넌트보다 최소 10배 이상 높아야 합니다.

샘플링 속도 10GS/s, 대역폭 3+GHz인 측정 시스템의 경우 대역폭의 최대 5배 오버 샘플링으로 초고속 1회성 및 이상신호 이벤트를 캡처할 수 있도록 최적화되었습니다.

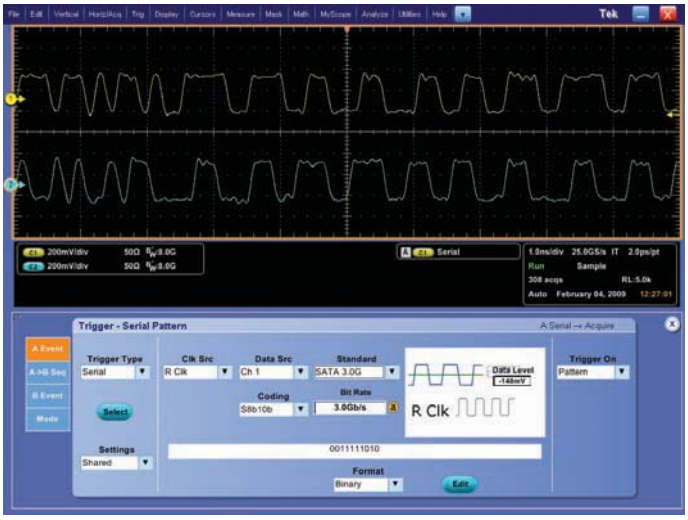


그림 49. DPO는 비반복적인 고속 멀티 채널 디지털 설계 분야에 이상적인 솔루션입니다.

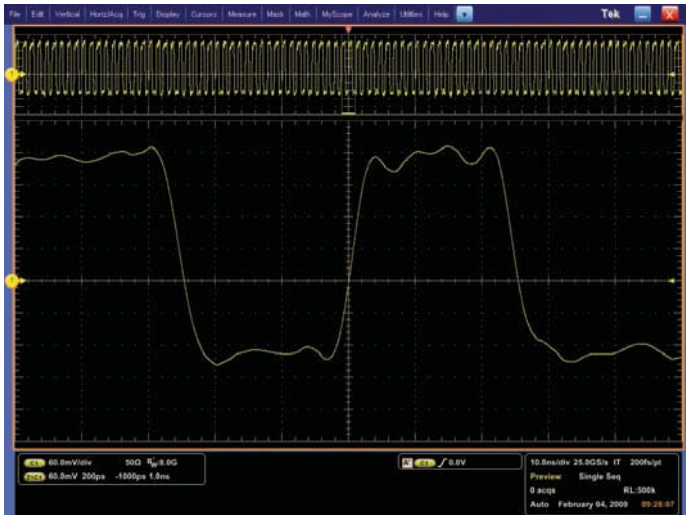


그림 50. DPO는 훨씬 뛰어난 파형 캡처 속도와 3차원 디스플레이를 통한 신호 동작에 대해 탁월한 수준의 시각을 제공하므로 광범위한 분야에서 최고의 범용 설계 및 문제 해결 툴이라고 할 수 있습니다.

파형 캡처 속도

오실로스코프는 깜박입니다. 이는 초마다 정해진 횟수만큼 눈을 열어 신호를 캡처하고 그 사이에는 눈을 닫고 있음을 의미합니다. 이를 파형 캡처 속도라고 칭하며, 초당 파형 수(wfms/s)로 표현합니다. 샘플링 속도가 한 파형 또는 사이클 내에서 오실로스코프가 입력 신호를 샘플링하는 빈도를 나타내는 것이라면, 파형 캡처 속도는 오실로스코프가 파형을 얼마나 빨리 획득하는지를 나타내는 용어입니다.

파형 캡처 속도는 오실로스코프의 유형 및 성능 수준에 따라 크게 달라집니다. 파형 캡처 속도가 빠른 오실로스코프는 신호 동작에 대해 훨씬 많은 시각적 정보를 제공하며, 지터, 런트 펄스, 글리치 및 트랜지션 오류와 같은 이상신호 현상을 신속하게 캡처할 수 있는 확률도 현저히 높습니다.

디지털 스토리지 오실로스코프(DSO)는 시리얼 프로세싱 아키텍처를 사용하여 10 ~ 5,000wfms/s의 캡처 속도를 제공합니다. 일부 DSO는 여러 캡처를 다량의 메모리에 분출하여 일시적으로 높은 파형 캡처 속도를 제공한 다음 프로세싱의 장시간 정지로 희귀하고 간헐적인 이벤트를 캡처할 가능성이 낮은 특별한 모드를 제공하기도 합니다.

대부분의 디지털 포스퍼 오실로스코프(DPO)는 패럴렐 프로세싱 아키텍처를 채택하여 훨씬 뛰어난 파형 캡처 속도를 제공합니다. 그림 49에서 볼 수 있듯이 일부 DPO는 단 몇 초 안에 수백만 개의 파형을 획득할 수 있어 간헐적이며 놓치기 쉬운 이벤트를 캡처하고 신호의 문제를 신속하게 파악할 수 있는 가능성이 현저히 높아졌습니다. 더구나 DPO는 신호 동작(진폭, 시간, 시간별 진폭 분산)을 실시간으로 획득하여 3차원으로 표시하는 기능을 제공하므로 그림 50에서와 같이 신호 동작에 대해 탁월한 수준의 시각을 확보할 수 있습니다.

레코드 길이

레코드 길이는 각 채널에서 캡처할 수 있는 데이터의 양을 결정하는 요소로, 전체 파형 레코드를 구성하는 포인트의 수로 표현됩니다. 오실로스코프는 제한적인 수의 샘플만을 저장할 수 있으므로 파형 지속 시간은 오실로스코프의 샘플링 속도에 반비례합니다.

$$\text{시간 간격} = \frac{\text{레코드 길이}}{\text{샘플링 속도}}$$

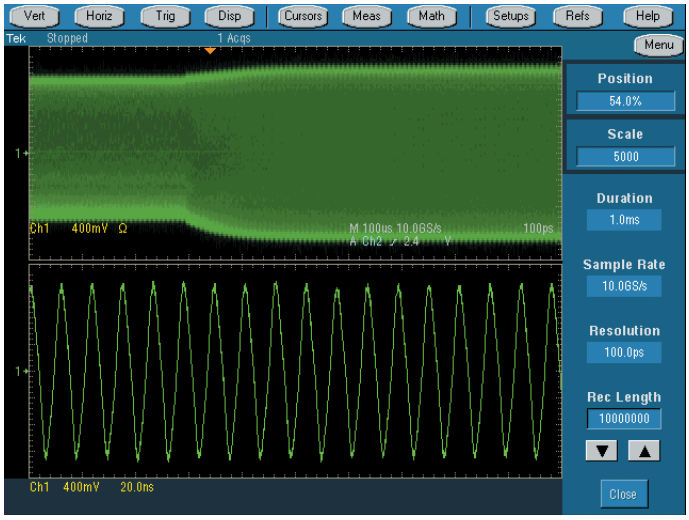


그림 51. 이 변조된 85MHz의 반송파에 대한 고주파 세부 정보를 캡처하려면 고해상도 샘플링(100ps)이 필요합니다. 신호의 완벽한 변조 엔벨로프를 확인하려면 긴 지속 시간(1ms)이 필요합니다. 긴 레코드 길이(10MB)를 사용하면 오실로스코프에서 이를 모두 표시할 수 있습니다.

최신 오실로스코프에서는 사용자의 애플리케이션에 필요한 세부 정보 수준을 최적화할 수 있도록 레코드 길이를 선택할 수 있습니다. 극도로 안정적인 사인파 신호를 분석하는 경우라면 500포인트의 레코드 길이면 충분하지만, 그림 51에 나온 것처럼 복잡한 디지털 데이터 스트림에서 발생하는 타이밍 이상의 원인을 격리하는 경우라면 수백만 포인트 이상의 일정한 레코드 길이가 필요할 것입니다.

트리거링 기능

오실로스코프의 트리거 기능은 신호의 정확한 포인트에서 수평 스위프와 동기화되며, 이는 명확한 신호 특성화에 필수적입니다. 트리거 컨트롤을 사용하면 반복적인 파형을 안정화하고 1회성 파형을 캡처할 수 있습니다.

트리거링 기능에 대한 자세한 내용은 성능 용어 및 고려 사항에 있는 트리거 부분을 참조하십시오.

유효 비트

유효 비트란 사인파 신호의 형태를 정확하게 재구성할 수 있는 디지털 오실로스코프의 기능 척도입니다. 이 척도는 오실로스코프의 실제 오류를 이론상의 "이상적" 디지타이저의 오차와 비교합니다. 실제 오류에는 노이즈와 왜곡이 포함되므로 신호의 주파수와 진폭이 명시되어야 합니다.

주파수 응답

대역폭만으로는 오실로스코프가 고주파 신호를 정확하게 캡처할 수 있는지를 확인할 수 없습니다. 오실로스코프 설계의 목표는 특정한 유형의 주파수 응답 즉, MFED(Maximally Flat Envelope Delay)입니다. 이 유형의 주파수 응답은 최소한의 오버슈트와 링잉(ringing)으로 뛰어난 펄스 충실도를 제공합니다. 디지털 오실로스코프는 실제 증폭기, 어테뉴에이터, ADC, 상호 연결, 릴레이로 구성되어 있으므로 MFED 응답이 접근 가능한 유일한 목표입니다. 펄스 충실도는 모델과 제조사에 따라 상당히 다릅니다(그림 46에 설명된 개념 참조).

수직 감도

수직 감도는 수직 증폭기가 약한 신호를 얼마나 증폭할 수 있는지에 대한 지표로, 일반적으로 영역당 밀리볼트(mV)로 측정됩니다. 범용 오실로스코프에서 탐지 가능한 최소 전압은 일반적으로 수직 화면 영역당 1mV 정도입니다.

스위프 속도

스위프 속도란 트레이스가 오실로스코프 화면을 얼마나 빠르게 지나가면서 세부 정보를 볼 수 있도록 하는지 나타내는 지표입니다. 오실로스코프의 스위프 속도는 영역당 시간(초)으로 표시됩니다.

게인 정확도

게인 정확도란 수직 시스템이 신호를 얼마나 정확히 감쇠 또는 증폭하는지에 대한 지표로, 일반적으로 백분율 오차로 표시됩니다.

수평 정확도(시간축)

수평 정확도(시간축)이란 수평 시스템이 신호의 타이밍을 얼마나 정확히 표시하는지에 대한 지표로, 일반적으로 백분율 오차로 표시됩니다.

수직 분해능(아날로그-디지털 컨버터)

ADC 즉, 디지털 오실로스코프의 수직 분해능이란 입력 전압을 얼마나 정확하게 디지털 값으로 변환하는지 나타내는 지표입니다. 수직 분해능은 비트 단위로 표시됩니다. 고해상도 획득 모드와 같은 계산 기법을 사용하면 유효 분해능을 높일 수 있습니다.

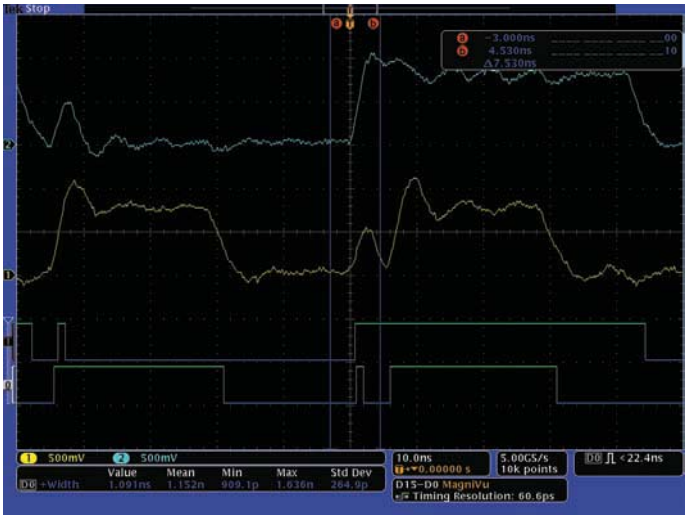


그림 52. MSO는 16개의 통합 디지털 채널을 제공하므로 시간 상관 관계인 아날로그 및 디지털 신호를 관찰하고 분석할 수 있습니다. 고속 타이밍 획득을 통해 글리치와 같은 한정적인 이벤트를 밝히는 데 필요한 추가적인 분해능을 제공합니다.

그림 53. 오늘날의 오실로스코프는 표준 Centronics 포트와 옵션 이더넷/RS-232, GPIB/RS-232 및 VGA/RS-232 모듈과 같은 광범위한 통신 인터페이스를 제공합니다. 또한 전면부에 USB 포트(그림에는 나와 있지 않음)도 있습니다

타이밍 분해능(MSO)

MSO의 중요한 획득 사양 중 하나는 디지털 신호 캡처에 사용되는 타이밍 분해능입니다. 신호를 더 뛰어난 타이밍 분해능으로 획득하면 신호가 변화할 때 더 정확한 타이밍 측정이 가능합니다. 예를 들어, 500MS/s의 획득 속도는 2ns의 타이밍 분해능에 해당하며, 획득된 신호 에지 불확실성은 2ns입니다. 60.6ps(16.5GS/s)의 더 작은 타이밍 분해능을 사용하면 신호 에지 불확실성이 60.6ps로 낮아지며 더 빠르게 변화하는 신호를 캡처할 수 있습니다.

일부 MSO는 두 가지 획득 유형을 동시에 사용하여 내부적으로 디지털 신호를 획득합니다. 첫 번째 획득에는 표준 타이밍 분해능이 사용되며, 두 번째 획득에는 고속 분해능이 사용됩니다. 그림 52에 나온 것처럼 표준 분해능은 긴 레코드 길이에 사용되며, 고속 타이밍 분해능은 좁은 관심 지점 주변에서 더 높은 분해능을 제공합니다.

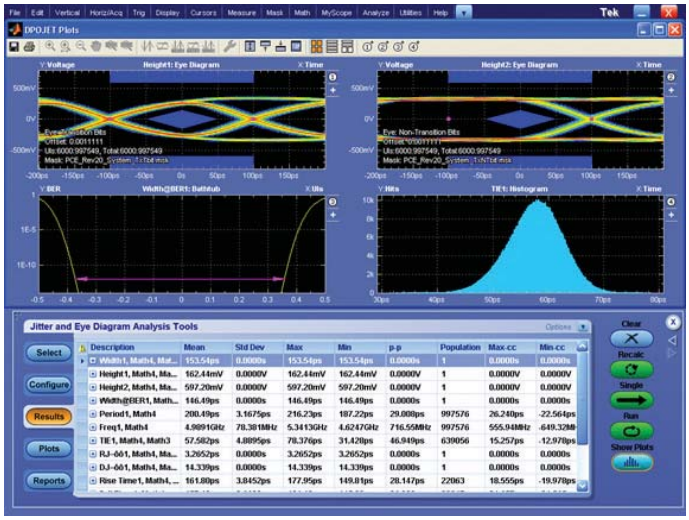


그림 54. 분석 소프트웨어 패키지는 최신 고속 디지털 설계자의 지터 및 아이 측정 요구를 충족하기 위해 특별히 고안된 제품입니다.

연결

측정 결과를 분석하는 것은 언제나 가장 중요한 과제입니다. 정보와 측정 결과를 고속 통신 네트워크를 통해 간편하게 자주 문서화 및 공유해야 하는 필요성 또한 중요해지고 있습니다. 오실로스코프의 연결 기능은 고급 분석 기능을 제공하며 결과의 문서화 및 공유를 간소화해 줍니다. 그림 53에서와 같이 일부 오실로스코프는 표준 인터페이스(GPIB, RS-232, USB, 이더넷)와 네트워크 통신 모듈을 통해 폭넓은 기능과 컨트롤을 제공합니다.

일부 고급 오실로스코프에서는 다음과 같은 기능을 지원합니다.

- 사용자 고유의 환경에서 계측기를 사용하는 도중에 오실로스코프에서 문서 작성, 편집 및 공유
- 네트워크 프린팅 및 파일 공유 리소스 액세스
- Windows® 데스크톱 액세스
- 타사 분석 및 문서화 소프트웨어 실행
- 네트워크에 연결
- 인터넷 액세스
- 이메일 송수신

확장성

오실로스코프는 사용자의 요구 변화를 수용할 수 있어야 합니다. 일부 오실로스코프에서는 다음과 같은 기능을 제공합니다.

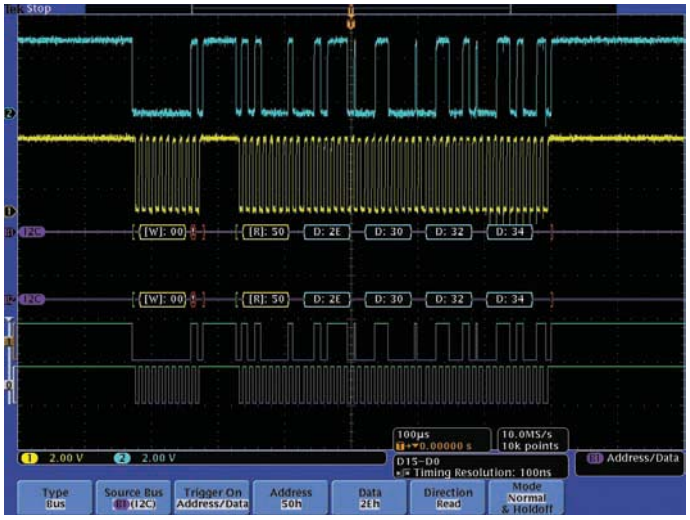


그림 55. 시리얼 패킷 검색, 디코드 및 트리거링 자동화 기능으로 시리얼 버스 분석이 더욱 빨라집니다.

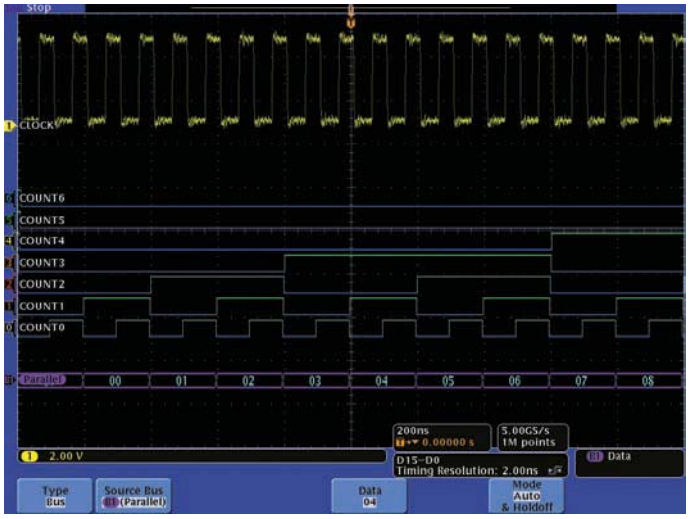


그림 56. 클럭화 혹은 비클럭화된 패럴렐 버스 데이터를 자동으로 트리거, 디코드 및 검색

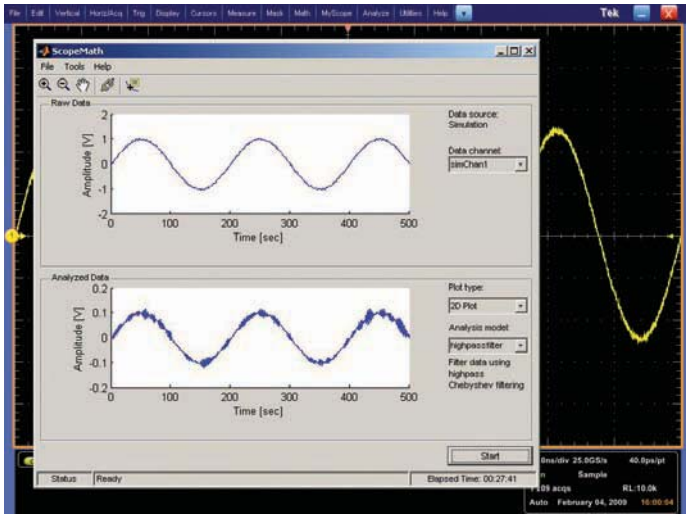


그림 59. MATLAB®과 같은 고급 분석 및 생산성 소프트웨어를 Windows 기반 오실로스코프에 설치하여 로컬 신호 분석을 수행할 수 있습니다.

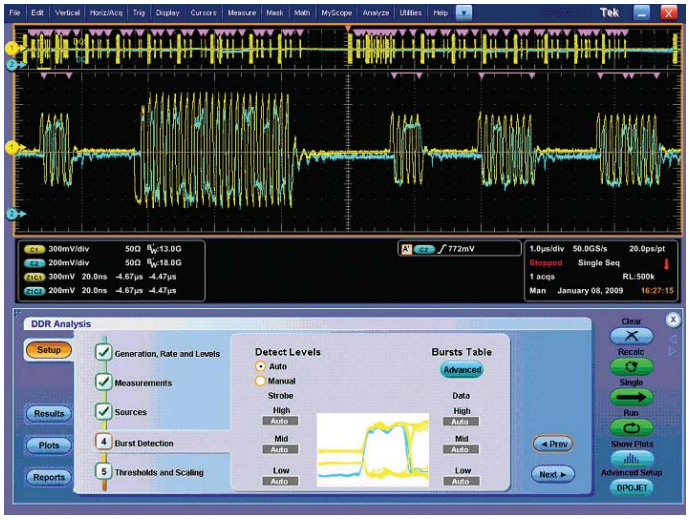


그림 57. 고급 DDRA 분석 툴은 read/write 버스트의 분리, JEDEC 측정 등과 같은 복잡한 메모리 작업을 자동화합니다.

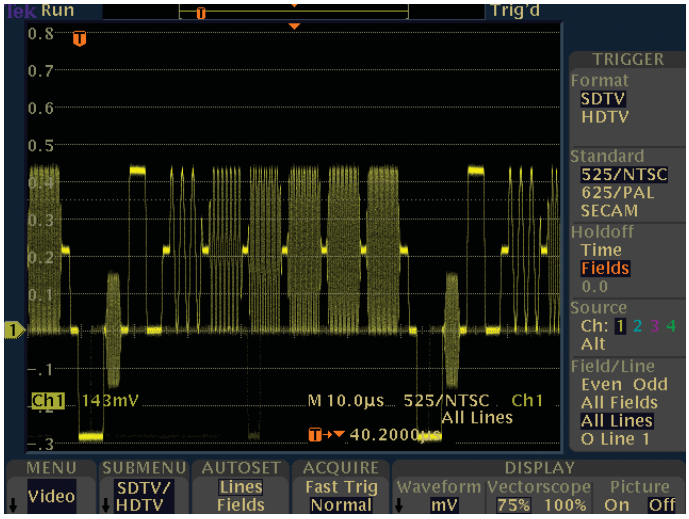


그림 58. 오실로스코프를 비디오 문제 해결을 위한 신속한 만능 툴로 만들어 주는 비디오 애플리케이션 모듈

- 긴 레코드 길이를 분석할 수 있도록 채널에 메모리 추가
- 애플리케이션별 측정 기능 추가
- 완벽한 구성의 프로브와 모듈로 오실로스코프의 기능 보완
- 널리 사용되는 타사 분석 및 Windows 호환 생산성 소프트웨어 지원
- 배터리 팩 및 랙마운트 등의 액세서리 추가

애플리케이션 모듈과 소프트웨어를 활용하면 오실로스코프를 지터 및 타이밍 분석, 마이크로프로세서 메모리 시스템 검증, 통신 표준 테스트, 디스크 드라이브 측정, 비디오 측정, 전력 측정 등 다양한 기능을 수행할 수 있는 고도로 전문화된 분석 툴로 변환할 수 있습니다.
그림 54~ 59에 몇 가지 예가 나와 있습니다.

그림 60. 위치, 스케일, 명암 등을 제어하는 기존 아날로그 스타일의 노브로 익히 알고 있는 형태 그대로입니다.

사용 편의성

오실로스코프는 최대 효율성 및 생산성을 제공하기 위해 익히기 쉽고 사용하기 쉬워야 합니다. 측정 툴이 아니라 설계에 집중할 수 있도록 말입니다. 차량 운전자가 전형적인 한 가지의 유형만 있는 것이 아니듯이, 오실로스코프 사용자의 유형도 다양합니다. 기존 계측기 인터페이스 또는 Windows® 인터페이스 중 어느 쪽을 선호하든 오실로스코프의 작동 방식에 유연성이 있어야 합니다.

많은 오실로스코프는 사용자가 계측기를 다양한 방식으로 작동할 수 있도록 지원함으로써 성능과 단순성 사이에 적절한 균형을 제공합니다. 그림 60에서와 같은 전면부 레이아웃은 전용 수직, 수평 및 트리거 컨트롤을 제공합니다. 그림 61에 나와 있는 것처럼 다양한 아이콘으로 구성된 그래픽 사용자 인터페이스는 고급 기능을 이해하고 직관적으로 사용하는 데 도움이 됩니다. 터치 스크린 디스플레이는 그림 62와 같이 선명한 온스크린 버튼을 제공하며 복잡한 작업대와 관련한 문제를 해결해 줍니다. 온라인 도움말은 편리한 내장 참조 설명서를 제공합니다.

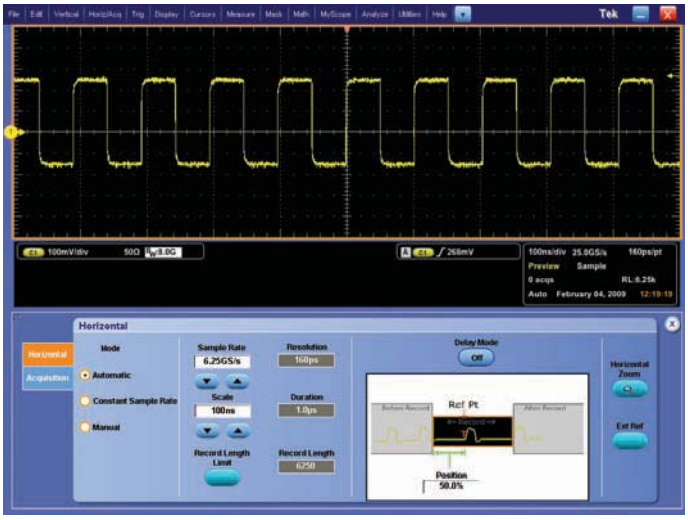


그림 61. 그래픽 컨트롤 창을 사용하면 가장 복잡한 기능에도 손쉽고 자신 있게 액세스할 수 있습니다.

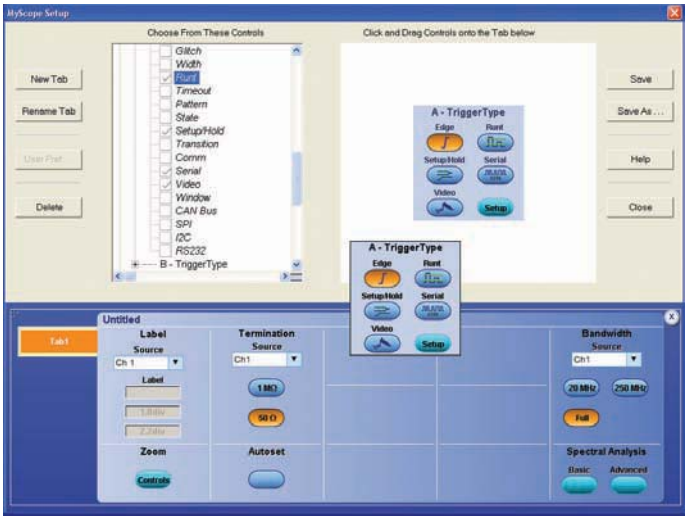


그림 62. 터치 스크린 디스플레이는 선명한 온스크린 버튼을 제공하며 복잡한 작업대와 카트 관련 문제를 자연히 해결해 줍니다.

직관적인 컨트롤을 통해 오실로스코프를 자주 쓰지 않는 사용자라도 자동차를 운전하는 것처럼 오실로스코프를 편하게 사용할 수 있으며, 전담 사용자는 오실로스코프의 최첨단 기능에 손쉽게 액세스할 수 있습니다. 더불어, 많은 오실로스코프는 그림 63에서와 같이 휴대가 가능하여 실험실이나 현장 등 다양한 작업 환경에서 효율적으로 활용할 수 있습니다.

그림 63. 많은 오실로스코프는 휴대가 가능하여 다양한 작업 환경에서 효율적으로 활용할 수 있습니다.

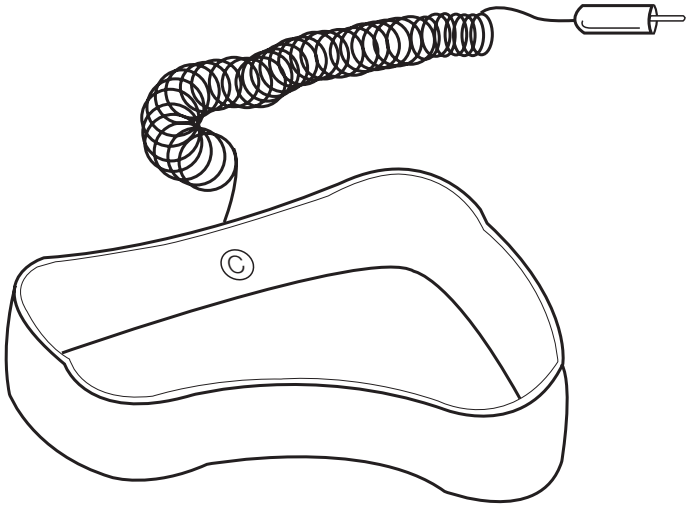


그림 64. 일반적인 손목띠 형태의 접지 스트랩

오실로스코프 작동

본 절에서는 오실로스코프를 설치하고 사용을 시작하는 방법 특히, 오실로스코프의 접지 연결, 오실로스코프 켈리브레이션, 프로브 보상에 대해 간략히 설명합니다.

적절한 접지는 회로를 측정하거나 회로 관련 작업을 수행할 때 중요한 단계입니다. 오실로스코프를 올바르게 접지하면 감전의 위험을 방지할 수 있으며 사용자의 신체를 접지하면 회로의 손상을 예방할 수 있습니다.

오실로스코프 접지

오실로스코프를 접지한다는 것은 대지 접지와 같이 전기적으로 중성인 기준 포인트에 연결하는 것을 의미합니다. 3극 전원 코드를 대지 접지에 연결된 콘센트에 연결하여 오실로스코프를 접지하십시오.

오실로스코프의 접지는 안전을 위해 꼭 필요합니다. 접지되지 않은 오실로스코프의 외부 즉, 절연된 것처럼 보이는 노브를 비롯한 케이스의 어느 부분에라도 고전압이 접촉되면 감전으로 이어질 수 있습니다. 하지만 오실로스코프를 제대로 접지한 경우라면 전류는 사용자를 통하지 않고 접지 경로를 통해 대지 접지로 흘러 나갑니다.

접지는 오실로스코프의 정확한 측정을 위해서도 필수적입니다. 오실로스코프가 테스트하는 회로와 동일한 접지를 공유해야 하기 때문입니다.

일부 오실로스코프는 대지 접지에 별도의 연결이 필요 없습니다. 이러한 오실로스코프는 케이스와 컨트롤이 절연 처리되어 사용자가 감전되지 않도록 보호합니다.

여러분이 IC를 다룬다면 자신의 몸도 접지해야 합니다. IC에는 인체에 축적되는 정전기로 인해 손상될 수 있는 미세한 전도 경로가 있습니다. 카페트 위를 걷거나 스웨터를 벗은 다음 IC의 리드를 만지기만 했을 뿐인데도 값비싼 IC를 망가뜨릴 수 있습니다. 이 문제를 해결하려면 그림 64에 나온 것과 같은 접지 스트랩을 착용하십시오. 이 스트랩은 인체의 정전기를 안전하게 대지 접지로 내보냅니다.

컨트롤 설정

오실로스코프의 전원을 연결한 후에는 전면부를 살펴보십시오. 앞서 설명한 것처럼 전면부는 일반적으로 수직, 수평, 트리거로 표시된 세 가지 주요 섹션으로 분할되어 있습니다. 모델과 유형(아날로그 또는 디지털)에 따라 사용자의 오실로스코프에 다른 섹션이 있을 수도 있습니다.

오실로스코프에서 프로브를 연결하는 곳인 입력 커넥터를 찾아 보십시오.

대부분의 오실로스코프는 최소 2개의 입력 채널이 있으며, 각 채널마다 화면에 파형을 표시할 수 있습니다. 다중 채널은 파형을 비교할 때 유용합니다. 앞서 설명한 것처럼 MSO에는 디지털 입력도 있습니다.

일부 오실로스코프에는 컨트롤을 원터치로 신호 입력에 적합하게 설정하는 AUTOSET 및/또는 DEFAULT 버튼이 있습니다. 사용자의 오실로스코프에 이러한 기능이 없을 경우 측정 전에 컨트롤을 표준 위치로 설정하는 것이 좋습니다.

오실로스코프를 표준 위치로 설정하는 일반적인 지침은 다음과 같습니다.

- 채널 1이 표시되도록 오실로스코프를 설정
- 수직 볼트 영역의 스케일 및 위치 컨트롤을 중간 위치로 설정
- 가변 볼트 영역은 끔
- 모든 확대 설정을 끔
- 채널 1의 입력 커플링을 DC로 설정
- 트리거 모드를 자동으로 설정
- 트리거 소스를 채널 1로 설정
- 트리거 홀드 오프를 최소 또는 오프로 설정
- 수평 시간 영역 및 위치 컨트롤을 중간 위치로 설정
- 신호가 클리핑 또는 신호 왜곡 없이 가능한 최대 10개의 수직 영역을 차지하도록 채널 1 볼트 영역을 조정

계측기 켈리브레이션

정확한 측정을 위해서는 오실로스코프를 적절히 설정하는 것과 더불어 주기적인 계측기 자체 켈리브레이션이 권장됩니다. 마지막 자체 켈리브레이션 이후 온도 변화가 5°C 이상일 경우 또는 일주일에 한 번씩 켈리브레이션이 필요합니다. 켈리브레이션 작업은 오실로스코프 메뉴에서 "신호 경로 보상"으로 시작할 수 있습니다. 자세한 설명은 오실로스코프와 함께 제공되는 설명서를 참조하십시오.

프로브 연결

이제 오실로스코프에 프로브를 연결할 차례입니다. 오실로스코프와 조화를 이루는 프로브라면 오실로스코프의 성능과 기능에 모두 액세스할 수 있으며 측정하는 신호의 무결성을 보장합니다.

신호를 측정하려면 프로브 팁 연결과 접지 연결이라는 두 가지 연결이 필요합니다. 프로브에는 대개 프로브를 테스트 대상 회로의 접지에 연결할 수 있는 클립 부속품이 딸려 있습니다. 사용할 때는 접지 클립을 회로에서 알려진 접지단(예: 수리 중인 제품의 금속 섀시)에 연결하고 프로브 팁을 회로의 테스트 포인트에 접촉하면 됩니다.

프로브 보상

패시브 감쇠 전압 프로브는 반드시 오실로스코프에 맞게 보상해야 합니다. 패시브 프로브를 사용하기 전에 보상하여 전기적 특성이 특정 오실로스코프와 균형을 이루도록 해야 합니다.

오실로스코프를 설정할 때마다 프로브를 보상하는 습관을 들이는 것이 좋습니다. 제대로 조정되지 않은 프로브는 측정의 정확도를 저하시킬 수 있습니다. 그림 65에 적절히 보상되지 않은 프로브를 사용할 경우 1MHz 테스트 신호에 주는 영향이 나와 있습니다.

대부분의 오실로스코프는 프로브를 보상하는 데 사용할 수 있도록 전면부의 단자에서 사각파 기준 신호를 제공합니다. 프로브를 보상하는 일반적인 지침은 다음과 같습니다.

- 프로브를 수직 채널에 연결
- 프로브 팁을 프로브 보상 즉, 사각파 기준 신호에 연결
- 프로브의 접지 클립을 접지에 연결
- 사각파 기준 신호 확인
- 사각파의 모서리가 사각형이 되도록 프로브를 적절히 조정

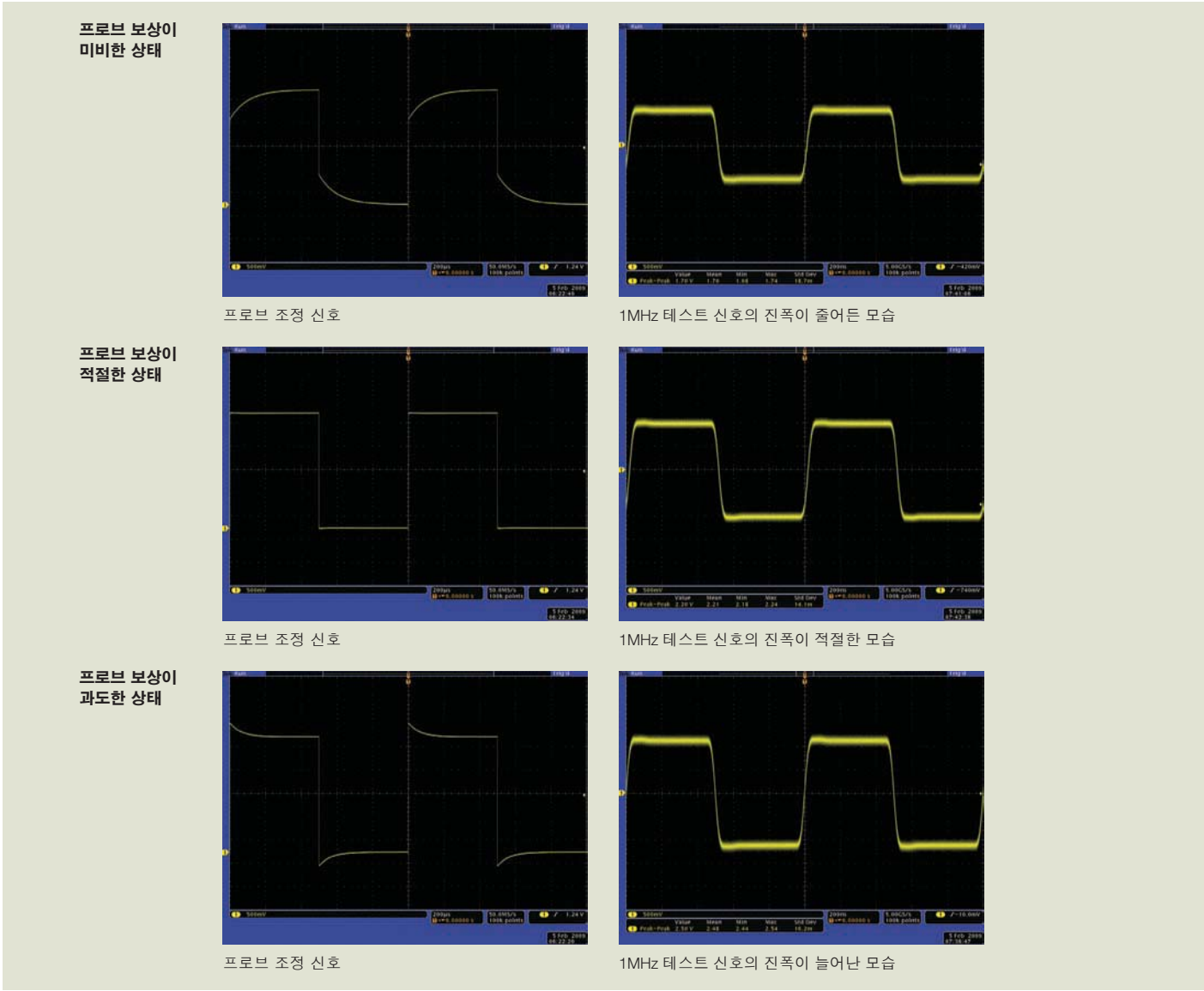


그림 65. 부적절한 프로브 보상의 영향

프로브를 보상할 때는 항상 사용할 액세서리 팁을 장착하고 프로브를 사용할 수직 채널에 연결하십시오. 그래야만 오실로스코프에서 실제 측정을 할 때와 동일한 전기적 특성이 유지됩니다.

오실로스코프 측정 기법

본 절에서는 기본적인 측정 기법에 대해 살펴봅니다. 가장 기본적인 두 가지 측정은 전압과 시간 측정이며, 다른 측정도 거의 모두 이 두 가지 기본 기법 중 하나를 토대로 합니다.

본 절에서는 오실로스코프 화면을 사용하여 시각적으로 측정하는 방법에 대해 논의합니다. 이는 아날로그 계측기에서 흔히 사용되는 기법으로, DSO 및 DPO 디스플레이를 "한눈에" 해석하는 데에도 유용합니다.

대부분의 디지털 오실로스코프에는 일반적인 분석 작업을 간소화하고 시간을 단축하여 측정의 안정성과 신뢰성을 높여주는 자동 측정 툴이 포함되어 있습니다. 하지만 여기에서 설명하는 수동 측정 방법을 알아두면 자동 측정 결과를 이해하고 확인하는 데 도움이 됩니다.

전압 측정

전압이란 회로에서 두 지점 사이의 전기적 전위차를 의미하며 볼트(V)로 표시합니다. 일반적으로 두 지점 중 하나는 접지 즉, 0V이지만 항상 그런 것은 아닙니다. 전압은 또한 신호의 최대 지점에서 최소 지점까지를 의미하는 피크 대 피크로도 측정됩니다. 여러분이 어떤 전압을 의미하는지 명시하는 것을 잊지 마십시오.

오실로스코프는 기본적으로 전압 측정 장치입니다. 전압만 측정하면 다른 수치는 계산으로 쉽게 알아낼 수 있습니다. 예를 들어, 옴의 법칙에 따라 회로에서 두 지점 사이의 전압은 전류 x 저항과 같습니다. 위 수치 중 두 가지만 알면 다음 공식을 사용하여 나머지 수치를 계산해낼 수 있습니다.

$$\text{전압} = \text{전류} \times \text{저항}$$

$$\text{전류} = \frac{\text{전압}}{\text{저항}}$$

$$\text{저항} = \frac{\text{전압}}{\text{전류}}$$

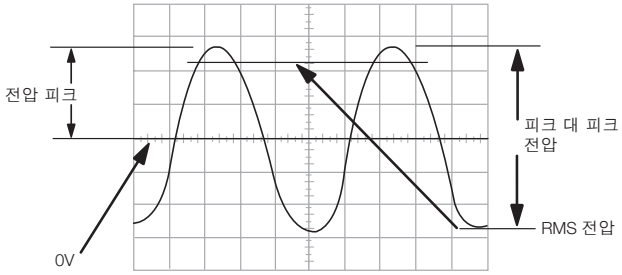


그림 66. 전압 피크(V_p) 및 피크 대 피크 전압(V_{p-p})

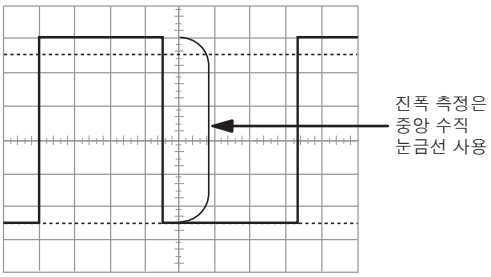


그림 67. 중앙 수직 눈금선에서 전압 측정

또 하나의 유용한 공식으로 전력 법칙이 있으며, DC 신호의 전력은 전압 x 전류입니다. AC 신호의 경우 계산이 더 복잡해지지만, 요점은 전압을 측정하는 것이 다른 수치를 계산하는 첫 번째 단계라는 사실입니다. 그림 66에 한 피크의 전압(V_p)과 피크 대 피크 전압(V_{p-p})이 나와 있습니다.

전압을 측정하는 가장 기본적인 방법은 오실로스코프의 수직 스케일에 걸쳐있는 파형의 영역 수를 세는 것입니다. 세로 방향으로 화면에 꽉 차게 신호를 조정하면 전압 측정에 가장 좋습니다(그림 67 참조). 사용하는 화면 영역이 많을수록 화면에서 더 정확하게 읽을 수 있습니다.

많은 오실로스코프에는 온스크린 라인 커서가 있어 눈금 표시를 세지 않고도 화면에서 자동으로 파형 측정 결과를 확인할 수 있습니다. 커서는 간단히 말해 화면에서 이동할 수 있는 선입니다. 전압 측정의 경우 위아래로 움직여 파형의 진폭을 표시할 수 있는 수평 커서 선이 2개 있으며 시간 측정에는 좌우로 움직이는 수직선 2개가 사용됩니다. 각 위치에서 전압 또는 시간이 판독치로 표시됩니다.

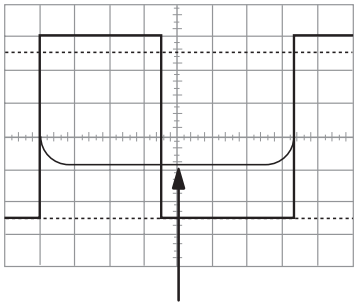


그림 68. 중앙 수평 눈금선에서 시간 측정

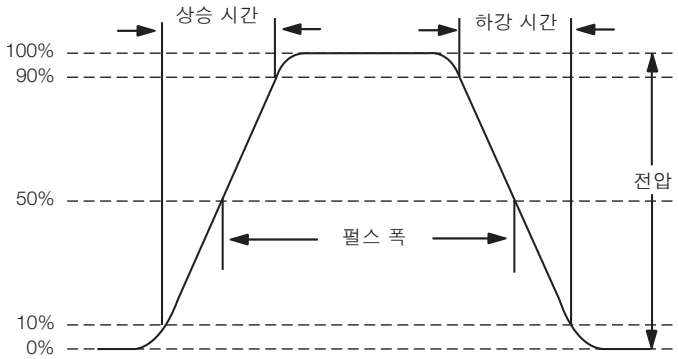


그림 68. 상승 시간 및 펄스 폭 측정 지점

시간 및 주파수 측정

오실로스코프의 수평 눈금을 사용하여 시간을 측정할 수 있습니다. 시간 측정에는 펄스의 기간과 펄스 폭 측정도 포함됩니다. 주파수는 기간과 반비례하므로 기간을 알고 있는 경우 주파수는 '**1/**기간'으로 구할 수 있습니다. 전압 측정과 마찬가지로 시간 측정도 그림 **68**에 나온 것처럼 측정할 신호 부분이 화면의 넓은 부분에 표시되도록 하면 더 정확하게 측정할 수 있습니다.

펄스 폭 및 상승 시간 측정

많은 애플리케이션에서 펄스 형태의 세부 정보가 중요합니다. 펄스는 왜곡되어 디지털 회로에 장애를 일으킬 수 있으며, 펄스 트레인의 펄스 타이밍도 대개 중요합니다.

표준 펄스 측정은 펄스 폭과 펄스 상승 시간입니다. 상승 시간이란 펄스가 낮은 전압에서 높은 전압으로 이행하는 데 걸리는 시간을 의미합니다. 통상적으로 상승 시간은 펄스 최대 전압의 10% ~ 90%에서 측정됩니다. 이는 펄스의 이상신호 구간에서 불규칙성을 배제하기 위한 조치입니다. 펄스 폭이란 펄스가 저점에서 고점으로 갔다가 다시 저점으로 돌아오는 데 소요되는 시간을 의미합니다. 통상적으로 펄스 폭은 최대 전압의 50%에서 측정됩니다. 그림 69에 이러한 측정 지점이 나와 있습니다.

대개 펄스 측정에는 트리거링의 정밀 조정이 필요합니다. 펄스 캡처에 전문가가 되려면 트리거 홀드 오프 사용법과 프리 트리거 데이터를 캡처할 수 있도록 디지털 오실로스코프를 설정하는 방법을 익혀야 합니다(오실로스코프의 시스템 및 컨트롤 참조). 수평 확대 기능은 고속 펄스의 미세한 정보를 확인할 수 있어 펄스 측정에 유용한 기능 중 하나입니다.

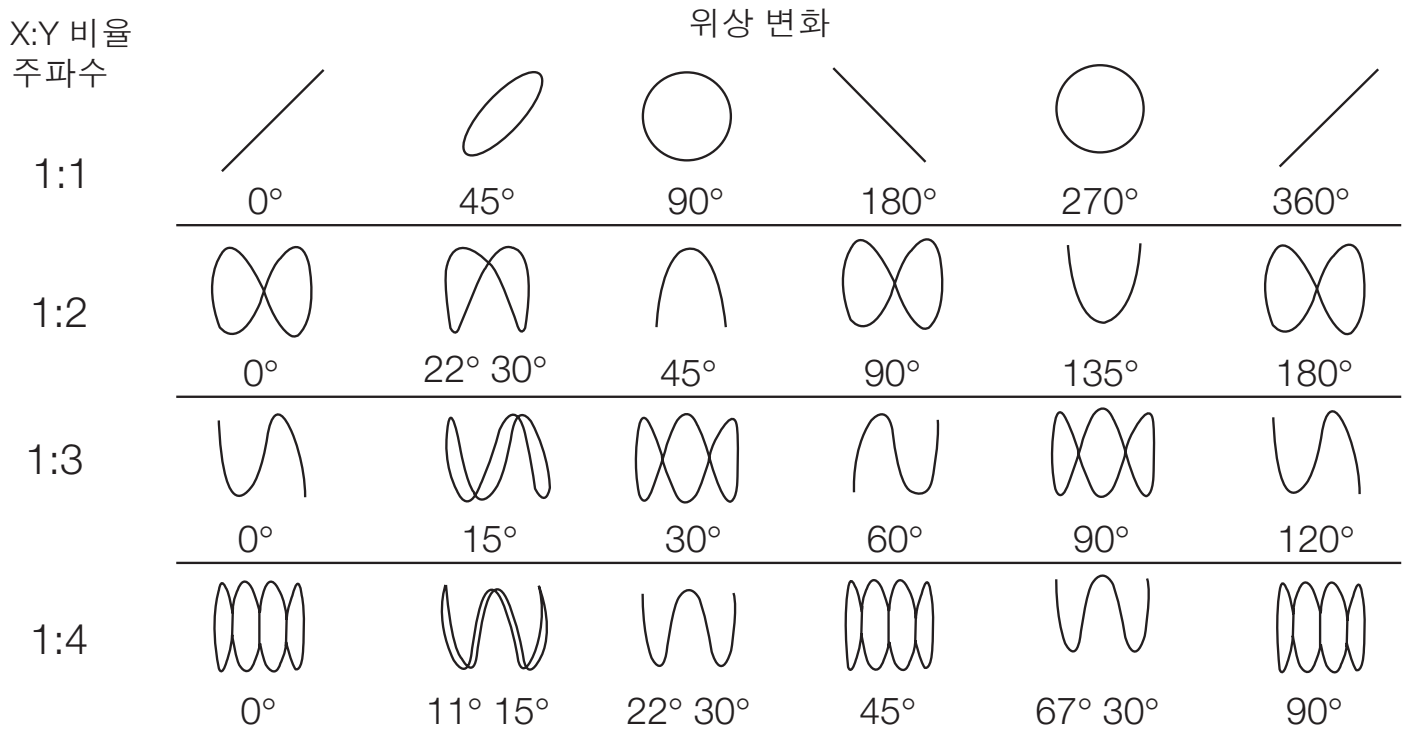


그림 70. 리사쥬(Lissajous) 패턴

위상 변화 측정

위상 변화 즉, 타이밍을 제외하고 동일한 두 주기적 신호 사이의 타이밍 차이를 측정하는 방법 중 하나는 XY 모드를 사용하는 것입니다. 이 측정 기법에는 한 신호를 수직 시스템에 정상적으로 입력하고 다른 신호를 수평 시스템에 입력하는 것으로, X축과 Y축 모두 전압을 측정하게 되므로 XY 측정이라고 부릅니다. 이러한 배치로 얻을 수 있는 파형을 리사쥬(Lissajous, 프랑스 물리학자 Jules Antoine Lissajous의 이름에서 따옴) 패턴이라고 부릅니다. 리사쥬 패턴의 형태를 통해 두 신호 사이의 위상 차이를 구분할 수 있습니다. 또한 각각의 주파수 비율도 파악할 수 있습니다. 그림 70에 다양한 주파수 비율과 위상 변화에 해당하는 리사쥬 패턴이 나와 있습니다.

XY 측정 기법은 아날로그 오실로스코프에서 비롯된 것입니다. DSO의 경우 실시간 XY 디스플레이를 만들어내기 어려울 수 있습니다. 일부 DSO는 트리거된 데이터 포인트를 장시간 축적하고 두 채널을 XY 디스플레이로 표시하는 방법으로 XY 이미지를 만들기도 합니다.

반면 DPO의 경우 디지털화된 데이터의 연속적인 스트림을 사용하여 순수한 XY 모드 이미지를 실시간으로 획득 및 표시할 수 있습니다. 또한 강조된 영역이 있는 XYZ 이미지도 표시할 수 있습니다. DSO와 DPO의 XY 디스플레이와 달리 아날로그 오실로스코프의 디스플레이는 일반적으로 몇 MHz의 대역폭으로 제한됩니다.

기타 측정 기법

본 절에서는 기본적인 측정 기법에 대해 알아보았습니다. 기타 측정 기법으로는 어셈블리 라인에서 전기 컴포넌트를 테스트하거나, 놓치기 쉬운 이상신호를 캡처할 수 있도록 오실로스코프를 설정하는 방법 등이 포함됩니다. 여러분이 사용하게 될 측정 기법은 애플리케이션에 따라 다르지만 이제 작동을 시작하기에는 충분할 정도의 지식을 익히셨습니다. 오실로스코프를 사용하여 연습하면서 더 많은 정보를 익히십시오. 곧 오실로스코프를 일상적인 습관처럼 사용할 수 있게 될 것입니다.

실습 예제

이 절에는 본 문서에 나온 정보를 다루는 실습 예제가 포함되어 있습니다. 예제는 1부와 2부의 두 부분으로 구성되며, 각각 용어 설명과 애플리케이션 예가 제공됩니다.

간단한 자가 테스트를 통해 각 절의 정보를 얼마나 잘 이해했는지 확인합니다. 답안은 55페이지부터 나와 있습니다.

1부에서는 다음 절에 제공된 정보를 다룹니다.

- 오실로스코프
- 성능 용어 및 고려 사항

2부에서는 다음 절에 제공된 정보를 다룹니다.

- 오실로스코프의 시스템 및 컨트롤
- 오실로스코프 작동
- 측정 기법

1부 A: 용어 예제

왼쪽 열의 단어에 대한 올바른 정의를 오른쪽 열에서 찾아 빈 칸에 해당 정의의 문자를 기재합니다.

	용어		정의
1. ___	획득	**A**	전기적 전위차의 단위
2. ___	아날로그	**B**	ADC의 정밀도를 나타내는 성능 척도(비트로 측정됨)
3. ___	대역폭	**C**	신호 기간의 각도 포인트를 나타내는 데 사용되는 용어
4. ___	디지털 포스퍼	**D**	1초 동안 신호가 반복되는 횟수
5. ___	주파수	**E**	파형이 하나의 사이클을 완료하는 데 소요되는 시간
6. ___	글리치	**F**	디스플레이에서 특정 시점의 신호 전압을 나타내는 저장된 디지털 값
7. ___	기간	**G**	상승 에지, 폭, 하강 에지가 있는 일반적인 파형 형태
8. ___	위상	**H**	펄스의 상승 에지 속도를 나타내는 성능 척도
9. ___	펄스	**I**	스위프의 타이밍을 제어하는 오실로스코프 회로
10. ___	파형 포인트	**J**	회로의 간헐적인 스파이크
11. ___	상승 시간	**K**	오실로스코프로 측정된, 한 번만 나타나는 신호
12. ___	샘플 포인트	**L**	ADC에서 샘플 포인트를 수집, 처리하여 메모리에 저장하는 오실로스코프의 프로세스
13. ___	디지털 스토리지	**M**	연속적으로 변경되는 값을 사용하여 작동하는 것
14. ___	시간 축	**N**	실시간으로 3차원 신호 정보를 캡처하는 디지털 오실로스코프
15. ___	이상신호	**O**	시리얼 처리를 사용하는 디지털 오실로스코프
16. ___	ADC 분해능	**P**	– 3dB 포인트로 정의되는 사인파 주파수 범위
17. ___	볼트	**Q**	파형 포인트를 계산 및 표시하는 데 사용되는 ADC의 원시 데이터

1부 B: 애플리케이션 예제

각 문항에 가장 적합한 답을 선택하십시오. 정답이 두 개 이상인 문항도 있습니다.

1. 오실로스코프로 할 수 있는 작업은?

a. 신호의 주파수를 계산합니다.

b. 오작동하는 일렉트릭 컴포넌트를 찾습니다.

c. 신호 정보를 분석합니다.

d. 위의 모든 항목

2. 아날로그 오실로스코프와 디지털 오실로스코프의 차이는?

a. 아날로그 오실로스코프에는 온스크린 메뉴가 없습니다.

b. 아날로그 오실로스코프는 측정 전압을 디스플레이 시스템에 직접 적용하는 반면 디지털 오실로스코프는 전압을 먼저 디지털 값으로 변환합니다.

c. 아날로그 오실로스코프는 아날로그 값을 측정하고, 디지털 오실로스코프는 디지털 값을 측정합니다.

d. 아날로그 오실로스코프에는 획득 시스템이 없습니다.

3. 오실로스코프 수직부의 기능은?

a. ADC를 사용하여 샘플 포인트를 획득합니다.

b. 수평 스위프를 시작합니다.

c. 디스플레이의 밝기를 조정할 수 있습니다.

d. 입력 신호를 감쇠 또는 증폭합니다.

4. 오실로스코프의 시간 축 컨트롤의 기능은?

a. 수직 스케일을 조정합니다.

b. 현재 시간을 표시합니다.

c. 화면의 수평 폭에 표시되는 시간을 설정합니다.

d. 프로브에 클럭 펄스를 전송합니다.

5. 오실로스코프 디스플레이에 대한 올바른 설명은?

a. 전압은 수직 축에, 시간은 수평 축에 표시됩니다.

b. 곧은 대각선 트레이스는 전압이 일정한 비율로 변화하고 있음을 의미합니다.

c. 곧은 수평 트레이스는 전압이 일정함을 의미합니다.

d. 위의 모든 항목

6. 반복되는 파형의 공통된 특성은?

a. 주파수는 헤르츠 단위로 측정됩니다.

b. 기간은 초 단위로 측정됩니다.

c. 대역폭은 헤르츠 단위로 측정됩니다.

d. 위의 모든 항목

7. 오실로스코프로 컴퓨터 내부를 프로브하는 경우 발견할 수 있는 신호 유형은?

a. 펄스 트레인

b. 램프파

c. 사인파

d. 위의 모든 항목

8. 아날로그 오실로스코프의 성능을 평가할 때 고려할 사항은?

a. 대역폭

b. 수직 감도

c. ADC 분해능

d. 스위프 속도

9. 디지털 스토리지 오실로스코프(DSO)와 디지털 포스퍼 오실로스코프(DPO)의 차이점은?

a. DSO의 대역폭이 더 높습니다.

b. DPO는 실시간으로 3차원 파형 정보를 캡처합니다.

c. DSO에는 컬러 디스플레이가 있습니다.

d. DSO가 더 많은 신호 정보를 캡처합니다.

2부 A: 용어 예제

왼쪽 열의 단어에 대한 올바른 정의를 오른쪽 열에서 찾아 빈 칸에 해당 정의의 문자를 기재합니다.

	용어		정의
1. ___	평균 모드	**A**	테스트 대상 회로와 프로브 및 오실로스코프의 의도하지 않은 상호 작용으로, 신호를 왜곡함
2. ___	회로 부하	**B**	일렉트릭 커런트를 지면에 연결하는 도체
3. ___	보상	**C**	디지털 오실로스코프가 신호 발생에 따라 최대한 많은 샘플을 수집한 후 필요한 경우 보간을 사용하여 디스플레이를 구성하는 샘플링 모드
4. ___	커플링	**D**	디지털 오실로스코프가 반복적인 신호의 각 반복에서 일부 정보를 캡처하여 신호의 그림을 구성하는 샘플링 모드
5. ___	대지 접지	**E**	소리, 압력, 응력 또는 광도와 같은 특정 물리량을 일렉트릭 신호로 변환하는 장치
6. ___	등가 시간	**F**	신호를 회로 입력에 주입하기 위한 테스트 장치
7. ___	눈금선	**G**	표시된 신호에서 노이즈를 제거하기 위해 디지털 오실로스코프에 사용되는 처리 기법
8. ___	보간	**H**	두 회로를 연결하는 방식
9. ___	실시간	**I**	소수의 샘플 포인트만으로 빠른 파형을 추정하기 위한 "점 연결" 처리 기법
10. ___	신호 발생기	**J**	오실로스코프 트레이스를 측정하기 위한 화면의 격자선
11. ___	단일 스위프	**K**	스위프를 한 번만 트리거하는 트리거 모드로, 다른 트리거 이벤트를 받기 위해서는 다시 설정해야 함
12. ___	센서	**L**	10X 어테뉴에이터 프로브를 위한 프로브 조정으로, 프로브의 일렉트릭 특성과 오실로스코프의 일렉트릭 특성의 균형을 유지함

2부 B: 애플리케이션 예제

각 문항에 가장 적합한 답을 선택하십시오. 정답이 두 개 이상인 문항도 있습니다.

1. 오실로스코프를 안전하게 작동하려면?

a. 올바른 3구 전원 코드로 오실로스코프를 접지합니다.

b. 잠재적 위험이 있는 일렉트릭 컴포넌트를 인지하는 방법을 익힙니다.

c. 테스트 대상 회로의 노출된 연결부는 전원을 끈 상태에서도 건드리지 않도록 합니다.

d. 위의 모든 항목

2. 오실로스코프 접지가 필요한 이유는?

a. 안전을 위해

b. 측정을 위한 기준점을 제공하기 위해

c. 화면의 수평 축에 트레이스를 정렬하기 위해

d. 위의 모든 항목

3. 회로 부하의 원인은?

a. 전압이 너무 높은 입력 신호

b. 테스트 대상 회로와 상호 작용하는 프로브 및 오실로스코프

c. 비보상 10X 어테뉴에이터 프로브

d. 회로에 가해진 지나친 무게

4. 프로브 보상이 필요한 이유는?

a. 10X 어테뉴에이터 프로브의 일렉트릭 특성과 오실로스코프의 균형을 유지하기 위해

b. 테스트 대상 회로의 손상을 방지하기 위해

c. 측정의 정확도 개선을 위해

d. 위의 모든 항목

5. 트레이스 회전 컨트롤의 기능은?

a. 화면의 파형 확장

b. 사인파 신호 검출

c. 아날로그 오실로스코프에서 파형 트레이스를 화면의 수평 축으로 정렬

d. 펄스 폭 측정

6. 영역별 볼트 컨트롤의 기능은?

a. 파형을 수직으로 확장합니다.

b. 파형을 수직으로 배치합니다.

c. 입력 신호를 감쇠 또는 증폭합니다.

d. 각 영역이 나타내는 볼트 수를 설정합니다.

7. 수직 입력 커플링을 접지로 설정하는 경우 발생하는 것은?

a. 오실로스코프에서 입력 신호 연결을 해제합니다.

b. 수평선이 자동 트리거로 표시됩니다.

c. 화면에 0볼트의 위치가 표시됩니다.

d. 위의 모든 항목

8. 트리거가 필요한 이유는?

a. 화면의 반복되는 파형을 안정화하기 위해

b. 1회성 파형을 캡처하기 위해

c. 획득의 특정 포인트를 표시하기 위해

d. 위의 모든 항목

9. 자동 트리거 모드와 일반 트리거 모드의 차이점은?

a. 일반 모드에서 오실로스코프는 한 번만 스위프한 후 중단됩니다.

b. 일반 모드에서 오실로스코프는 입력 신호가 트리거 포인트에 도달한 경우에만 스위프하며, 그 외의 경우에는 아무것도 표시되지 않습니다.

c. 자동 모드에서 오실로스코프는 트리거되지 않더라도 지속적으로 스위프합니다.

d. 위의 모든 항목

10. 반복되는 신호의 노이즈를 줄이는 데 가장 적합한 획득 모드는?

a. 샘플 모드

b. 피크 검출 모드

c. 엔벨로프 모드

d. 평균 모드

11. 오실로스코프로 수행할 수 있는 가장 기본적인 측정 두 가지는?

a. 시간 및 주파수 측정

b. 시간 및 전압 측정

c. 전압 및 펄스 폭 측정

d. 펄스 폭 및 위상 변화 측정

12. 볼트 영역이 0.5로 설정된 경우 화면(8 x 10 비율의 화면으로 가정)에 맞춰 표시될 수 있는 가장 큰 신호는?

a. 62.5mVpk-pk

b. 8Vpk-pk

c. 4Vpk-pk

d. 0.5Vpk-pk

13. 초 영역이 0.1ms로 설정된 경우 화면 폭에 나타나는 시간은?

a. 0.1ms.

b. 1ms.

c. 1초

d. 0.1kHz.

14. 통상적으로 펄스 폭이 측정되는 경우는?

a. 펄스의 피크 대 피크(pk-pk) 전압의 10%에서

b. 펄스의 피크 대 피크(pk-pk) 전압의 50%에서

c. 펄스의 피크 대 피크(pk-pk) 전압의 90%에서

d. 펄스의 피크 대 피크(pk-pk) 전압의 10%와 90%에서

15. 프로브를 테스트 회로에 연결했으나 화면에 아무것도 표시되지 않는 경우 수행해야 할 항목은?

a. 화면 명암이 올려져 있는지 확인합니다.

b. 프로브가 연결된 채널이 표시되도록 오실로스코프가 설정되어 있는지 확인합니다.

c. 일반 모드에서는 화면에 아무것도 표시되지 않으므로 트리거 모드를 자동으로 설정합니다.

d. DC 신호가 큰 경우 화면의 위 또는 아래를 넘어갈 수 있으므로 수직 입력 커플링을 AC로 설정하고 볼트 영역을 최대 값으로 설정합니다.

e. 프로브가 단락되지 않았는지, 올바르게 접지되었는지 확인합니다.

f. 사용 중인 입력 채널에 대해 트리거하도록 오실로스코프가 설정되었는지 확인합니다.

g. 위의 모든 항목

답안

이 절에서는 앞 절에 있는 모든 실습 예제에 대한 답을 제공합니다.

1부: 용어 예제 답안

1. L	5. D	9. G	13. O
2. M	6. J	10. F	14. I
3. P	7. E	11. H	15. K
4. N	8. C	12. Q	16. B
			17. A

1부: 애플리케이션 예제 답안

1. D	3. D	5. D	7. A
2. B,D	4. C	6. A,B	8. A,B,D
			9. B

2부: 용어 예제 답안

1. G	4. H	7. J	10. F
2. A	5. B	8. I	11. K
3. L	6. D	9. C	12. E

2부: 애플리케이션 예제 답안

1. D	5. C	9. B,C	13. B
2. A,B	6. A,C,D	10. D	14. B
3. B	7. D	11. B	15. G
4. A,C	8. D	12. C	

용어집

A

획득 모드(Acquisition.Mode) – 파형 포인트를 샘플 포인트에서 생성하는 방법을 제어하는 모드. 샘플, 피크 검출, 고해상도, 엔벨로프, 평균 모드 등이 있습니다.

교류(Alternating Current) – 시간 경과에 따라 커런트와 전압이 반복되는 패턴으로 바뀌는 신호. 신호 커플링 유형을 나타내는 데도 사용됩니다.

증폭(Amplification) – 신호가 한 포인트에서 다른 포인트로 전송되는 동안의 신호 진폭 증가

진폭(Amplitude) – 신호 양 또는 세기의 정도. 전자 장치에서 진폭은 일반적으로 전압 또는 전력과 관련이 있습니다.

아날로그-디지털 컨버터(Analog-to-Digital Converter(ADC)) – 전기 신호를 개별 2진수 값으로 변환하는 디지털 일렉트릭 컴포넌트

아날로그 오실로스코프(Analog.Oscilloscope) – CRT(음극선관) 화면 왼쪽에서 오른쪽으로 수평 이동하는 전자빔의 수직 축에 입력 신호(조정 및 증폭됨)를 적용하여 파형 디스플레이를 생성하는 측정 장비. 빔이 닿을 때마다 CRT에 코팅된 화학 포스퍼가 빛을 내는 트레이스를 생성합니다.

아날로그 신호(Analog.Signal) – 전압이 지속적으로 변화하는 신호

감쇠(Attenuation) – 신호가 한 포인트에서 다른 포인트로 전송되는 동안의 신호 진폭 감소

평균(Averaging) – 표시된 신호에서 노이즈를 줄이기 위해 디지털 오실로스코프에 사용되는 처리 기법

B

대역폭(Bandwidth) – 주파수 범위로, 일반적으로 –3dB로 제한됨

C

Circuit Loading – 테스트 대상 회로와 프로브 및 오실로스코프의 의도하지 않은 상호 작용으로, 신호를 왜곡함

Compensation – 수동 감쇠 프로브를 위한 프로브 조정으로, 프로브의 정전 용량과 오실로스코프의 정전 용량의 균형을 유지함

Coupling – 두 회로를 연결하는 방식. 전선으로 연결된 회로는 DC(직접 커플링), 콘덴서 또는 변압기를 통해 연결된 회로는 AC(간접 커플링)라고 합니다.

Cursor – 더 정확한 측정을 위해 파형에 정렬시킬 수 있는 화면상의 마커

D

자연 시간 축(Delayed Time Base) – 주 시간 축 스위프에서 사전 정의된 시간에 비례하여 시작하거나 시작하도록 트리거될 수 있는 스위프를 가진 시간 축. 더욱 명확하게 이벤트를 볼 수 있으며, 주 시간 축 스위프만으로는 볼 수 없는 이벤트도 볼 수 있습니다.

디지털 신호(Digital Signal) – 전압 샘플이 개별 2진수로 표현되는 신호

디지털 오실로스코프(Digital Oscilloscope) – ADC(아날로그-디지털 컨버터)를 사용하여 측정된 전압을 디지털 정보로 변환하는 오실로스코프 유형. 디지털 스토리지, 디지털 포스퍼, 디지털 샘플링 오실로스코프의 세 가지 유형이 있습니다.

디지털 포스터 오실로스코프(Digital Phosphor Oscilloscope) – 기존 디지털 오실로스코프의 장점(파형 저장, 자동 측정 등)을 제공하는 동시에 아날로그 오실로스코프의 디스플레이 특성을 유사하게 모델링하는 디지털 오실로스코프 유형. DPO는 페럴렐 처리 아키텍처를 사용하여 신호를 래스터형 디스플레이로 전달하며, 실시간으로 신호 특성의 명암 그레이딩 표시 기능을 제공합니다. DPO는 신호를 3차원(진폭, 시간 및 시간 경과에 따른 진폭 분산)으로 표시합니다.

디지털 샘플링 오실로스코프(Digital Sampling Oscilloscope) – 등가 시간 샘플링 방식을 사용하여 신호 샘플을 캡처 및 표시하는 디지털 오실로스코프 유형으로, 주파수 컴포넌트가 오실로스코프의 샘플링 속도보다 훨씬 더 높은 신호를 정확하게 캡처하는 데 이상적

디지털 신호 처리(Digital Signal Processing) – 측정된 신호의 정확성 개선을 위한 알고리즘 적용

디지털 스토리지 오실로스코프(Digital Storage Oscilloscope) – 디지털 샘플링을 통해(아날로그-디지털 컨버터 사용) 신호를 획득하는 디지털 오실로스코프. 시리얼 처리 아키텍처를 사용하여 획득, 사용자 인터페이스 및 래스터 디스플레이를 제어합니다.

디지털화(Digitize) – 수평 시스템 샘플의 ADC(아날로그-디지털 컨버터)가 개별 시간 포인트에서 신호를 샘플링하고 이러한 포인트에서 신호의 전압을 샘플 포인트라고 하는 디지털 값으로 변환하는 프로세스

직류(Direct Current) – 전압 및/또는 커런트가 일정한 신호. 신호 커플링 유형을 나타내는 데도 사용됩니다.

영역(Division) – 오실로스코프의 CRT(음극선관) 눈금선에 있는 측정 마킹

E

대지 접지(Earth Ground) – 일렉트릭 커런트를 지면에 연결하는 도체

유효 비트(Effective Bits) – 사인파 신호의 형태를 정확하게 재구성할 수 있는 디지털 오실로스코프의 기능 척도. 이 척도는 오실로스코프의 실제 오류를 이론상의 "이상적" 디지타이저의 오차와 비교합니다.

엔벨로프(Envelope) – 다수의 표시된 파형 반복에 걸쳐 수집된 가장 높은 신호 포인트와 가장 낮은 포인트의 윤곽

등가 시간 샘플링(Equivalent-time Sampling) – 오실로스코프가 반복적인 신호의 각 반복에서 일부 정보를 캡처하여 신호의 그림을 구성하는 샘플링 모드. 등가 시간 샘플링에는 무작위와 순차 두 가지 유형이 있습니다.

F

초점(Focus) – CRT(음극선관) 전자빔을 조정하여 디스플레이의 선명함을 제어하는 오실로스코프 컨트롤

주파수(Frequency) – 신호가 1초에 반복되는 횟수. 헤르츠(초당 사이클 수) 단위로 측정됩니다. 주파수는 1/기간과 같습니다.

주파수 응답(Frequency Response) – 오실로스코프의 주파수 응답 곡선은 입력 신호의 진폭 재현 정확도를 신호 주파수의 함수로 정의합니다. 최대 신호 충실도를 얻기 위해서는 오실로스코프가 지정된 전체 오실로스코프 대역폭에 걸쳐 평탄한(안정적인) 주파수 응답을 갖는 것이 중요합니다.

G

게인 정확도(Gain Accuracy) – 수직 시스템이 신호를 얼마나 정확히 감쇠 또는 증폭하는지에 대한 지표. 일반적으로 백분율 오차로 표시됩니다.

기가헤르츠(GHz)(Gigahertz) – 1,000,000,000헤르츠를 나타내는 주파수 단위

글리치(Glitch) – 회로의 간헐적인 고속 오류

눈금선(Graticule) – 오실로스코프 트레이스를 측정하기 위한 화면의 격자선

접지(Ground) –

1. 기준 전압 레벨을 설정 및 유지하기 위해 전기 회로 또는 장비를 지면에 연결하는 전도성 연결
2. 회로의 전압 기준점

H

헤르츠(Hertz) – 초당 1사이클의 주파수 단위

수평 정확도(시간 축)(Horizontal Accuracy (Time Base)) – 수평 시스템이 신호의 타이밍을 얼마나 정확히 표시하는지에 대한 지표. 일반적으로 백분율 오차로 표시됩니다.

수평 스위프(Horizontal Sweep) – 파형이 그려지도록 하는 수평 시스템의 동작

I

명암 그레이딩(Intensity Grading) – 파형의 실제 움직임을 이해하는 데 필수적인 발생 주파수 정보

보간(Interpolation) – 소수의 샘플 포인트만으로 빠른 파형을 추정하기 위한 "점 연결" 처리 기법. 선형과 sin x/x의 두 가지 유형이 있습니다.

K

킬로헤르츠(kHz)(Kilohertz) – 1000헤르츠를 나타내는 주파수 단위

L

부하(Loading) – 테스트 대상 회로와 프로브 및 오실로스코프의 의도하지 않은 상호 작용으로, 신호를 왜곡함

로직 애널라이저(Logic Analyzer) – 시간 경과에 따른 여러 디지털 신호의 로직 스테이트를 표시하는 데 사용되는 측정 장비. 디지털 데이터를 분석하며 데이터를 실시간 소프트웨어 실행, 데이터 흐름 값, 스테이트 시퀀스 등으로 표현할 수 있습니다.

M

메가헤르츠(MHz)(Megahertz) – 1,000,000헤르츠를 나타내는 주파수 단위

초당 메가샘플(MS/s)(Megasamples per second) – 초당 1,000,000 샘플과 동일한 샘플링 속도 단위

마이크로초(µs)(Microsecond) – 0.000001초에 해당하는 시간 단위

밀리초(ms)(Millisecond) – 0.001초에 해당하는 시간 단위

혼합 도메인 오실로스코프(MDO)(Mixed Domain Oscilloscope) – RF 스펙트럼 분석기에 MSO 또는 DPO를 결합하여 디지털, 아날로그 신호의 RF 도메인에 대한 시간 상관 시각화를 지원하는 디지털 오실로스코프입니다.

혼합 신호 오실로스코프(MSO)(Mixed Signal Oscilloscope) – 16채널 로직 애널라이저의 기본 기능에 4채널 디지털 포스퍼 오실로스코프의 신뢰성 높은 성능이 결합된 디지털 오실로스코프입니다.

N

나노초(ns)(Nanosecond) – 0.000000001초에 해당하는 시간 단위

노이즈(Noise) – 일렉트릭 회로의 불필요한 전압 또는 커런트

O

오실로스코프(Oscilloscope) – 시간 경과에 따른 전압 변화를 표시하는 데 사용되는 측정 장비. 진동 전압을 측정하는 데 사용되는 경우가 많아 "진동(oscillate)"이라는 단어가 오실로스코프라는 이름의 어원이 되었습니다.

P

피크(Vp)(Peak) – 0 기준점에서 측정된 최대 전압 레벨

피크 검출(Peak Detection) – 디지털 오실로스코프에서 사용할 수 있는 획득 모드. 다른 방법으로는 놓칠 수 있는 신호 정보를 관찰할 수 있으며 특히 시간상으로 멀리 떨어져 있는 좁은 펄스를 관측하는 데 유용합니다.

피크 대 피크(Vp-p)(Peak-to-peak) – 신호의 최대 포인트에서 최소 포인트까지 측정한 전압

기간(Period) – 파형이 하나의 사이클을 완료하는 데 소요되는 시간. 기간은 1/주파수와 같습니다.

위상(Phase) – 사이클 시작에서 다음 사이클 시작까지 경과된 시간으로, 각도로 측정됩니다.

위상 변화(Phase Shift) – 유사한 두 신호 간의 타이밍 차이

프리 트리거 관측(Pre-trigger Viewing) – 트리거 이벤트 전의 신호에 대한 정보를 캡처하는 디지털 오실로스코프의 기능. 트리거 포인트 앞과 뒤에서 볼 수 있는 신호의 길이를 정합니다.

프로브(Probe) – 오실로스코프 입력 장치. 일반적으로 회로 소자와의 일렉트릭 접촉을 위한 뾰족한 금속 선단, 회로의 접지 기준점에 연결되는 리드선, 신호 및 접지를 오실로스코프로 전송하기 위한 유연한 케이블로 구성됩니다.

펄스(Pulse) – 빠른 상승 에지, 폭, 빠른 하강 에지가 있는 일반적인 파형 형태

펄스 트레인(Pulse Train) – 함께 움직이는 펄스의 모음

펄스 폭(Pulse Width) – 펄스가 저점에서 고점으로 갔다가 다시 저점으로 돌아오는 데 소요되는 시간으로, 일반적으로 전체 전압의 50%에서 측정됩니다.

R

램프(Ramps) – 일정한 속도로 변하는 사인파의 전압 레벨 간 트랜지션

래스터(Raster) – 디스플레이 유형 중 하나

실시간 샘플링(Real-time Sampling) – 오실로스코프가 트리거된 한 획득으로부터 최대한 많은 샘플을 수집하는 샘플링 모드. 주파수 범위가 오실로스코프 최대 샘플링 속도의 절반 미만인 신호에 이상적입니다.

레코드 길이(Record Length) – 신호의 레코드를 생성하는 데 사용되는 파형 포인트의 수

상승 시간(Rise Time) – 선도 에지가 낮은 값에서 높은 값으로 상승하는 데 걸리는 시간으로, 일반적으로 10% ~ 90%에서 측정됩니다.

S

샘플링(Sampling) – 입력 신호의 한 부분을 오실로스코프에서 저장, 처리 및/또는 표시하기 위해 여러 개의 개별 일렉트릭 값으로 변환하는 것. 실시간 샘플링과 등가 시간 샘플링의 두 가지 유형이 있습니다.

샘플 포인트(Sample Point) – 파형 포인트를 계산하는 데 사용되는 ADC의 원시 데이터

샘플링 속도(Sample Rate) – 디지털 오실로스코프가 신호의 샘플을 취하는 빈도를 나타내며, 초당 샘플(S/s)로 지정됩니다.

센서(Sensor) – 소리, 압력, 응력 또는 광도와 같은 특정 물리량을 일렉트릭 신호로 변환하는 장치

신호 무결성(Signal Integrity) – 신호의 정확한 재구성으로, 신호를 획득하는 데 사용되는 프로브와 함께 오실로스코프의 성능 고려 사항 및 시스템에 의해 결정됩니다.

시그널 소스(Signal Source) – 신호를 회로 입력에 주입하는 데 사용되는 테스트 장치로, 이를 통한 회로의 출력을 오실로스코프에서 읽게 됩니다. 신호 발생기라고도 합니다.

사인파(Sine Wave) – 수학적으로 정의되는 일반적인 곡선 파형 형태

1회성(Single Shot) – 오실로스코프로 측정된, 한 번만 나타나는 신호(이상신호 이벤트라고도 함)

단일 스위프(Single Sweep) – 트리거된 신호 화면을 한 번 표시한 후 중단되는 트리거 모드

기울기(Slope) – 그래프 또는 오실로스코프 화면에서 수평 거리에 대한 수직 거리의 비율. + 기울기는 왼쪽에서 오른쪽으로 증가하며, + 기울기는 왼쪽에서 오른쪽으로 감소합니다.

사각파(Square Wave) – 반복되는 사각 펄스로 구성되는 일반적인 파형 형태

스위프(Sweep) – 오실로스코프의 전자빔이 CRT 화면 왼쪽에서 오른쪽으로 한 번 수평 이동하는 것

스위프 속도 – 시간 축과 동일합니다.

T

시간 축(Time Base) – 스위프의 타이밍을 제어하는 오실로스코프 회로. 시간 축은 초 영역 컨트롤로 설정됩니다.

트레이스(Trace) – 전자빔의 이동에 의해 CRT에 그려지는 가시적인 형태

이상신호(Transient) – 오실로스코프로 측정된, 한 번만 나타나는 신호(1회성 이벤트라고도 함)

트리거(Trigger) – 오실로스코프의 수평 스위프를 참조하는 회로

트리거 홀드 오프(Trigger Holdoff) – 유효 트리거 이후 오실로스코프가 트리거할 수 없는 기간을 조정하는 컨트롤

트리거 레벨(Trigger Level) – 트리거 회로가 스위프를 시작하기 전에 트리거 소스 시그널이 도달해야 하는 전압 레벨

트리거 모드(Trigger Mode) – 트리거를 검출하지 못한 경우 오실로스코프가 파형을 그릴지 여부를 결정하는 모드. 일반적인 트리거 모드에는 일반 및 자동 모드가 포함됩니다.

트리거 기울기(Trigger Slope) – 트리거 회로가 스위프를 시작하기 전에 트리거 소스 시그널이 도달해야 하는 기울기

V

수직 분해능(아날로그-디지털 컨버터)(Vertical Resolution (Analog-to-Digital Converter)) – 디지털 오실로스코프의 ADC(아날로그-디지털 컨버터)가 입력 전압을 디지털 값으로 얼마나 정확히 변환할 수 있는지에 대한 지표로, 비트 단위로 측정됩니다. 고해상도 획득 모드와 같은 계산 기법을 사용하여 유효 분해능을 개선할 수 있습니다.

수직 감도(Vertical Sensitivity) – 수직 증폭기가 약한 신호를 얼마나 증폭할 수 있는지에 대한 지표로, 일반적으로 영역당 밀리볼트(mV)로 측정됩니다.

볼트(Volt) – 전기적 전위차의 단위

전압(Voltage) – 두 포인트 간의 전기적 전위차이며 볼트로 나타냅니다.

W

파형(Wave) – 시간 경과에 따라 반복되는 패턴을 나타내는 포괄적인 용어. 일반적인 유형으로 사인, 사각, 직사각형, 톱니, 삼각, 계단, 펄스, 주기적, 비주기적, 동기, 비동기 파형이 있습니다.

파형(Waveform) – 시간 경과에 따라 변화하는 전압을 그래픽으로 표현한 것

파형 캡처 속도(Waveform Capture Rate) – 오실로스코프가 파형을 얼마나 빠르게 획득하는지 나타내며, 초당 파형(wfms/s)으로 표현합니다.

파형 포인트(Waveform Point) – 특정 시점의 신호 전압을 나타내는 디지털 값. 파형 포인트는 샘플 포인트에서 계산되며 메모리에 저장됩니다.

쓰기 속도(Writing Speed) – 한 포인트에서 다른 포인트로의 신호 이동에 대한 가시 트레이스를 제공하기 위한 아날로그 오실로스코프의 기능. 이 기능은 디지털 로직 신호와 같이 세부 정보가 빠르게 움직이는 저반복 신호에 제한적입니다.

XY 모드(XY Mode) – 한 신호를 수직 시스템에 정상적으로 입력하고, 다른 신호를 수평 시스템에 입력하여 X축 및 Y축 모두에서 전압을 추적하는 측정 기법

Z

Z축(Z Axis) – 트레이스가 형성됨에 따라 밝기 변동을 보여주는 오실로스코프의 디스플레이 특성

텍트로닉스 연락처:

ASEAN/오스트레일리아 (65) 6356 3900

오스트리아 00800 2255 4835*

발칸, 이스라엘, 남아프리카 및 기타 ISE 국가 +41 52 675 3777

벨기에 00800 2255 4835*

브라질 +55 (11) 3759 7627

캐나다 1 800 833 9200

중앙 유럽 및 동유럽, 발트해 연안국 +41 52 675 3777

중부 유럽 및 그리스 +41 52 675 3777

덴마크 +45 80 88 1401

핀란드 +41 52 675 3777

프랑스 00800 2255 4835*

독일 00800 2255 4835*

홍콩 400 820 5835

인도 000 800 650 1835

이탈리아 00800 2255 4835*

일본 81 (3) 6714 3010

룩셈부르크 +41 52 675 3777

멕시코, 중남미 및 카리브해 연안국 52 (55) 56 04 50 90

중동, 아시아 및 북아프리카 +41 52 675 3777

네덜란드 00800 2255 4835*

노르웨이 800 16098

중국 400 820 5835

폴란드 +41 52 675 3777

포르투갈 80 08 12370

대한민국 001 800 8255 2835

러시아 연방 +7 (495) 7484900

남아프리카 공화국 +41 52 675 3777

스페인 00800 2255 4835*

스웨덴 00800 2255 4835*

스위스 00800 2255 4835*

타이완 886 (2) 2722 9622

영국 및 아일랜드 00800 2255 4835*

미국 1 800 833 9200

* 유럽 지역의 수신자 부담 번호. 연락이 되지 않을 경우 다음 번호 사용: +41 52 675 3777

2011년 2월 10일 업데이트

추가 정보 텍트로닉스는 첨단 기술을 다루는 엔지니어들을 지원하고자 포괄적이며 꾸준히 확장되는 애플리케이션 노트, 기술 보고서 및 기타 리소스 등의 자료 컬렉션을 유지하고 있습니다. **www.tektronix.co.kr**을 참조하십시오.

Copyright © Tektronix, Inc. All rights reserved. 텍트로닉스 제품은 발급되었거나 출원 중인 미국 및 기타 국가의 특허로 보호됩니다. 이 문서에 수록된 정보는 이전에 발행된 모든 자료의 내용에 우선합니다. 텍트로닉스는 사양과 가격을 변경할 수 있는 권리를 가집니다. TEKTRONIX, TEK은 Tektronix, Inc.의 등록 상표입니다. 이 문서에 인용된 다른 모든 상표명은 해당 회사의 서비스 마크, 상표 또는 등록 상표입니다.

08/11 EA/FCA-POD 03K-8605-6

TEK1511

Tektronix®

한국텍트로닉스
서울시 강남구 삼성동 157-37 일송빌딩 7층,12층
대표전화 02-6917-5000