

# 사용자 설명서

**TDS3AAM**  
고급 분석  
애플리케이션 모듈

**071-0952-00**



071095200

Copyright © Tektronix, Inc. 모든 권리는 보유됩니다.

Tektronix 제품은 특허를 받았거나 출판 및 출원 중인 미국 및 외국 특허에 의해 보호됩니다. 본 출판물에 있는 정보는 이전에 출판된 모든 자료를 대체합니다. 본사는 시양과 가격을 변경할 권리를 보유합니다.

Tektronix, Inc., P.O. Box 500, Beaverton, OR  
97077

TEKTRONIX, TEK, TEKPROBE 및 Tek Secure  
는 Tektronix, Inc.의 등록 상표입니다.

DPX, WaveAlert 및 e\*Scope 은 Tektronix, Inc.의  
등록 상표입니다.

## 보증 요약

Tektronix 는 당사가 제조하여 판매하는 제품이 그대로나 공정 기술에 있어서 결함이 없을 것을 공인 Tektronix 유통업자로부터 구입한 날부터 일(1)년의 기간동안 보증합니다. 만약 제품이 보증 기간 중에 결함이 있음이 증명될 경우, Tektronix 는 보증서에 설명된 대로 수리 또는 교체품을 제공할 것입니다.

서비스를 받거나 완전한 보증서를 받으려면 가까운 Tektronix 판매 및 서비스 사무소에 연락하십시오.

본 요약 또는 적용 가능한 보증서에 제공한 것을 제외하고 TEKTRONIX 는 특정 목적을 위한 시장성과 적합성의 암시적 보증을 포함한 어떤 종류의 명시적이거나 암시적인 보증도 하지 않습니다. 어떠한 경우에도 TEKTRONIX 는 간접적이거나 특수한 또는, 결과적인 손상에 대해 책임을 지지 않습니다.

## Tektronix 연락 정보

전화	1-800-833-9200*
주소	Tektronix, Inc. 부서 또는 이름(있는 경우) 14200 SW Karl Braun Drive P.O. Box 500 Beaverton, OR 97077 USA
웹사이트	<a href="http://www.tektronix.com">www.tektronix.com</a>
판매지원	1-800-833-9200, 1*를 누르십시오.
서비스지원	1-800-833-9200, 2*를 누르십시오.
기술 지원	이메일 : <a href="mailto:techsupport@tektronix.com">techsupport@tektronix.com</a>  1-800-833-9200, 3*를 누르십시오. 1-503-627-2400  6:00 오전 - 5:00 오후 태평양 표준시간

\* 본 전화번호는 북미주 내에서 수신자 부담 전화번호입니다.  
다. 근무시간 이후에는 음성 메시지를 남겨주십시오. 북미  
주 이외 지역은 Tektronix 판매 사무실 또는 대리점에 연락하  
시거나 사무실 목록은 Tektronix 웹 사이트를 방문하여 얻으  
십시오.

## 목차

안전 요약 .....	2
TDS3AAM 개요 .....	5
TDS3AAM 애플리케이션 모듈 설치 .....	6
고급 분석 메뉴 사용 .....	6
측정 기능 .....	8
FFT Math 기능 .....	12
DPO Math 기능 .....	22
고급 Math 기능 .....	24
XY 커서 .....	31
부록 A: FFT 개념 .....	40

## 안전 요약

잠재적인 부상 위험을 방지하려면 이 제품을 지정된 사항대로 사용합니다. 이 제품을 사용하는 동안 시스템의 다른 부품에 접근해야 할 경우가 있습니다. 시스템 작동에 관한 경고 및 주의사항에 대해서는 다른 시스템 설명서의 일반 안전사항 요약을 읽어 보십시오.

### 정전기 피해 방지

**주의.** 정전기 방전 (ESD)은 오실로스코프와 부속 악세사리의 구성품에 손상을 줄 수 있습니다. ESD를 방지하려면 다음 주의사항을 따릅니다.

**접지띠 착용.** 민감한 구성품을 설치하거나 제거할 경우 접지된 정전기 방지 손목띠를 착용하여 신체로부터 정전기가 방전되도록 합니다.

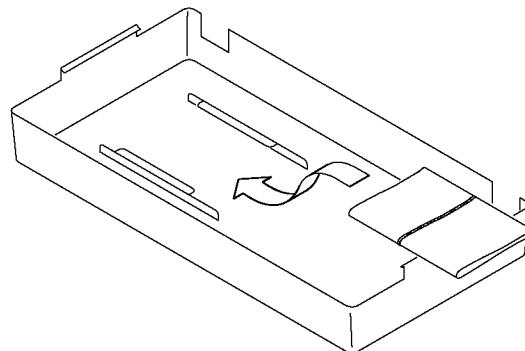
**안전 작업 구역 이용.** 정전기에 민감한 구성품을 설치하거나 제거하는 장소에서 정전기를 유발하거나 정전기를 갖고 있는 장치를 사용하지 않습니다. 정전기가 쉽게 발생하는 마루나 작업대 표면에서는 정전기에 민감한 부품을 다루지 않습니다.

**구성품 취급시 주의.** 정전기에 민감한 구성품은 어떤 표면 위에서도 미끄러지지 않도록 합니다. 노출된 커넥터 펀을 만지지 않습니다. 민감한 구성품은 가급적 텔 다룹니다.

**운송 및 보관시 주의.** 정전기에 민감한 구성품은 정전기 방지용 가방이나 컨테이너에 담아 운송하거나 보관합니다.

### 설명서 보관

오실로스코프 전면 덮개에 이 설명서를 보관할 편리한 장소가 있습니다.



## TDS3AAM 개요

이 절에서는 TDS3AAM 고급 분석 애플리케이션 모듈 기능에 대한 개요를 제공하며 고급 분석 기능의 사용 방법을 설명합니다.

TDS3AAM 애플리케이션 모듈을 사용하여 다음과 같은 분석 작업을 수행할 수 있습니다.

- DPO Math.
- 임의의 Math 수식, 엑티브와 기준 파형, 파형 측정, 최대 2 개의 사용자 정의 변수 및 산술 수식에서 math 작업을 사용하여 파형을 만들 수 있습니다.
- 고속 퓨리에 변환 (FFT) 파형 분석.
- 파형 구역 및 사이클 구역 측정.
- 측정 통계. 최소/최대 또는 평균/표준 편차 판독값을 표시된 측정 값에 추가합니다.
- XY 파형 커서.

## TDS3AAM 애플리케이션 모듈 설치

TDS3AAM 고급 분석 애플리케이션 모듈 설치와 테스트에 대한 정보는 **TDS3000 & TDS3000B**

*Series Application Module Installation Instructions (TDS3000 및 TDS3000B 시리즈 애플리케이션 모듈 설치 설명서)*을 참조합니다.

## 고급 분석 메뉴 사용

TDS3AAM 고급 분석 모듈은 구역, 사이클 구역 및 통계 측정 기능을 측정 메뉴에, FFT, DPO math 및 고급 Math 기능을 Math 메뉴, XY 커서를 커서 메뉴에 추가합니다. 고급 분석 기능에 접근하려면 다음 표를 사용하십시오.

## TDS3AAM 기능 사용

기능	전면 패널 버튼 번호	하단 메뉴버튼번호	사이드메뉴버튼 번호
구역, 사이클 구역 측정	측정	측정기능 선택	구역과 사이클 구역 버튼이 표시될 때까지 - 계속- 버튼을 누릅니다. 8페이지를 참조합니다.
측정 통계	측정	통계	최소/최대 또는 평균/ 표준 편차를 선택합니다. 9페이지를 참조합니다.

## TDS3AAM 기능 사용(계속)

기능	전면 패널 버튼번호	하단 메뉴 버튼번호	사이드 메뉴 버튼번호
FFT	MATH	FFT	파형 소스, 수직 스케일 및 FFT창을 선택합니다. 12페이지를 참조합니다.
DPO Math	MATH	DPO MATH	파형 소스와 연산자를 선택합니다. 22페이지를 참조합니다.
Math 파형 수식	MATH	고급 Math	math 수식을 만들고, 변수 값을 정의하고, 단위를 정의하고, math 수식을 표시합니다. 24페이지를 참조합니다.
XY 커서	커서	기능	파형 XY 커서를 선택합니다(XY 화면 모드에 있어야 이 메뉴를 볼 수 있습니다). 31페이지를 참조합니다.

## 측정 기능

TDS3AAM 애플리케이션 모듈은 측정기능 선택 사이드 메뉴 목록에 구역과 사이클 구역 측정을 추가하고 측정 메뉴에 통계 하단 버튼을 추가합니다. 이 측정 메뉴 항목에 접근하려면 **MEASURE(측정)** 전면 패널 버튼을 누릅니다.

## 구역 및 사이클 구역 측정

하단	사이드	설명
측정기능 선택	구역	시간에 따른 전압 측정. 수직 단위-초(예를 들어, 볼트-초 또는 암페어-초)로 측정된 전체 파형이나 게이트된 영역의 산술 구역.
	사이클 구역	시간에 따른 전압 측정. 수직 단위-초(예를 들어, 볼트-초 또는 암페어-초)로 측정된 파형의 첫 번째 사이클이나 게이트된 영역의 첫 번째 사이클의 산술 구역.

## 구역 및 사이클 구역 측정( 계속)

하단	사이드	설명
통계	OFF	액티브 측정을 사용한 통계 정보를 표시하지 않습니다.
	최소/최대	각 액티브 측정 판독 값에 대한 최소 및 최대 판독값을 표시합니다.
평균/표준 편차 n		각 액티브 측정 판독 값에 대한 평균과 표준 편차 판독값을 표시합니다.  n 은 평균과 표준 편차 값을 산하는데 사용하는 측정 횟수이며 범위는 2에서 1000입니다. 범용 노브를 사용하여 1(미세 조정) 또는 10(거세 조정)의 증분으로 값을 변경합니다. 기본값은 32입니다.

**파형 극성.** 구역 계산의 경우 접지 위의 파형 구역은 포지티브이고 접지 아래의 파형 구역은 네거티브입니다.

**파형 클리핑.** 가장 좋은 결과를 얻으려면 모든 입력 파형이 디스플레이의 위나 아래 계수선을 초과하는지 확인하십시오(이것을 파형 클리핑 작업이라고 합니다). 측정이나 연산 기능으로 클리핑한 파형을 사용하면 잘못된 값을 얻을 수 있습니다.

**구역.** 다음 방정식은 전체 레코드나 게이트된 영역의 파형 구역을 계산하는 알고리즘을 보여줍니다.

$Start = End$ 이면  $Start$ 에 값(보간)을 반환합니다.  
그렇지 않으면

$$\text{구역} = \int_{Start}^{End} \text{Waveform}(t)dt$$

**사이클 구역.** 다음 방정식은 레코드의 단일 사이클이나 게이트된 영역의 파형 구역을 계산하는 알고리즘을 보여줍니다.

$StartCycle = EndCycle$ 이면  $StartCycle$ 에 값(보간)을 반환합니다. 그렇지 않으면

$$\text{사이클 구역} = \int_{StartCycle}^{EndCycle} \text{Waveform}(t)dt$$

**최소/최대.** 최소/최대는 각 액티브 측정 바로 아래에 최소 및 최대 판독값을 표시합니다. 다음은 최소/최대 화면 판독값의 예입니다.

Ch1 주파수

15.98 MHz

최소: 15.81MHz

최대: 16.17MHz

**평균/표준 편차.** 평균/표준 편차는 평균( $\mu$ )과 표준 편차( $\sigma$ ) 판독값을 각 액티브 측정 바로 아래 표시합니다. 평균과 표준 편차 값은 현재 계산에 이전 계산 결과를 통합하도록 계산됩니다. 다음은 평균/표준 편차 판독값의 예제입니다.

Ch1 주파수

15.98 MHz

$\mu$ : 15.99MHz

$\sigma$ : 82.92kHz

**화면 판독값.** 최소/최대 및 평균/표준 편차 판독값은 파형 측정 바로 아래 측정 한정사 텍스트(예: "낮은 해상도")에 사용되는 구역에 표시됩니다. 잘못된 측정으로 의심되면 통계를 끄고 오실로스코프가 한정사 텍스트를 표시하는지 확인합니다.

## FFT Math 기능

TDS3AAM 애플리케이션 모듈은 **FFT**(고속 푸리에 변환) 측정 기능을 오실로스코프에 추가합니다.

FFT 진행과정에서 오실로스코프 시간 도메인 신호(반복 또는 싱글-샷 획득)를 스펙트럼 분석 기능을 제공하는 주파수 구성 요소로 수학적으로 변환합니다.

신호의 주파수 구성 요소와 스펙트럼 모양을 간단히 볼 수 있는 강력한 연구 분석 도구입니다. FFT는 다음과 같은 경우에 뛰어난 문제 해결 기능을 제공합니다.

- 필터와 시스템의 임펄스 응답 테스트
- 시스템의 고조파 성분과 왜곡 측정
- 노이즈와 간섭 소스 식별 및 위치 확인
- 진동 분석
- 50과 60 Hz 전원의 고조파 분석

애플리케이션 모듈은 FFT 기능을 Math 메뉴에 추가합니다. FFT Math 메뉴 항목에 접근하려면

**MATH** 전면 패널 버튼을 누른 다음 **FFT** 하단 버튼을 누릅니다.

## Math FFT 메뉴

하단	사이드	설명
FFT	FFT 소스 설정	FFT 신호 소스를 설정합니다. 유효한 입력 소스는 Ch 1, Ch 2 (2 채널 장비), Ch 1에서 Ch 4 (4 채널 장비) 및 Ref 1에서 Ref 4(모든 장비)입니다.
	FFT 수직 스케일 설정	디스플레이 수직 스케일 단위를 설정합니다. 사용 가능한 스케일은 스케일 설정 dBV RMS 와 선형 RMS입니다.
	FFT 창 설정	소스 신호를 적용할 창 기능(해닝, 해밍, 블랙맨 해리스 또는 직사각형)을 설정합니다. FFT 창에 대한 자세한 내용은 40 페이지를 참조합니다.

**고급 FFT.** 임의의 연산 수식에서 FFT 분석을 수행할 수 있습니다. 자세한 내용은 24 페이지의 고급 Math 기능을 참조하십시오.

**선형 RMS 스케일.** 선형 스케일은 주파수 구성 요소 진폭이 모두 값에 가까우면 유용한 것이며 구성 요소를 표시하고 비슷한 진폭 값과 직접 비교할 수 있습니다.

**dB 스케일.** dB 스케일은 주파수 구성 요소 진폭이 전체 동적 범위를 모두 포함할 때 사용할 수 있으며 동일한 디스플레이에 작거나 큰 진폭의 주파수 구성 요소를 표시할 수 있습니다. dBV 스케일은 로그 스케일을 사용하여 구성 요소 크기를 표시합니다. 크기는  $1 V_{RMS}$  에 상대적인 dB (여기서  $0 \text{ dB} = 1 V_{RMS}$ ) 또는 소스 파형 단위(예를 들어, 현재 측정의 경우 암페어)로 표현됩니다.

**액티브 파형 또는 저장된 파형의 FFT 분석.** 액티브 신호(주기적이거나 일회성), 마지막으로 획득한 신호 또는 기준 메모리에 저장된 모든 신호에 FFT 파형을 표시할 수 있습니다.

**FFT 창.** 4개의 FFT 창(직사각형, 해밍, 해닝 및 블랙맨-해리스)을 사용하면 분석하는 신호에 가장 적합한 창을 적용할 수 있습니다. 직사각형 창은 일시적, 펄스 및 일회 획득과 같은 주기적이지 않은 이벤트에 가장 적합합니다. 해밍, 해닝 및 블랙맨-해리스 윈도우는 주기적인 신호에 적합합니다. FFT 창에 대한 자세한 정보는 43 페이지를 참조하십시오.

**FFT 파형 위치조정.** 수직 POSITION(위치) 및 스케일 노브를 사용하여 FFT 파형을 수직으로 이동하고 스케일을 조정합니다.

**FFT 및 획득 모드.** 보통 획득 모드에서 획득한 파형은 파형 샘플 수가 더 많기 때문에 빠른 트리거 모드에서 획득한 파형보다 노이즈 총이 낮고 주파수 해상도가 양호합니다.

피크 탐지 모드와 엔벨로프 모드는 FFT 와 함께 사용하지 마십시오. 피크 탐지와 엔벨로프 모드를 사용하면 FFT 결과가 상당히 왜곡될 수 있습니다.

**DC 를 사용한 파형.** DC 구성 요소나 오프셋을 가진 파형은 올바르지 않은 FFT 파형 구성 요소 진폭 값을 생성합니다. DC 구성 요소를 최소화하려면 파형에서 AC 커플링을 선택합니다.

**랜덤 노이즈 줄이기.** 반복적인 파형에서 랜덤 노이즈와 일리어싱 구성 요소를 줄이려면 획득 모드를 평균 16(또는 그 이상)의 획득으로 설정합니다. 그러나, 트리거 속도와 동기화되지 않은 주파수를 확인하는 데 필요할 경우에는 획득 평균을 사용하지 마십시오.

**일시적 측정.** 일시적(임펄스, 일회성) 파형의 경우 오실로스코프 트리거 파형을 사용하여 파형 펄스 정보를 화면 중앙에 표시합니다.

## FFT 디스플레이 주밍, 수평 POSITION 및 SCALE

컨트롤과 함께 줌 버튼  을 사용하여 FFT 과형을 확대하고 위치를 조정합니다. 줌 요소를 변경하면 FFT 과형은 중앙의 수직 계수선에 대해 수평으로 확대되고 연산 과형 마커에 대해 수직으로 확대됩니다. 주밍은 실제 시간 기준이나 트리거 위치 설정에 영향을 주지 않습니다.

주. FFT 과형은 전체 소스 과형 레코드를 사용하여 계산됩니다. 소스나 FFT 과형의 영역에서 주밍하면 디스플레이 해상도가 향상되지만 해당 영역의 FFT 과형은 다시 계산하지 않습니다.

**커서를 사용한 FFT 과형 측정.** 커서를 사용하면 FFT 과형에서 두 가지를 측정할 수 있습니다. 진폭 (dB 또는 단일 소스 단위) 및 주파수(Hz 단위). dB 진폭은 0 dB로 참조됩니다. 여기서 0 dB는 1 V<sub>RMS</sub> 와 같습니다. 수평 커서(수평 막대)를 사용하여 진폭을 측정하고 수직 커서(수직 막대)를 사용하여 주파수를 측정합니다.

## FFT 과형 표시

FFT 과형을 표시하려면 다음 단계를 수행합니다.

1. 신호 피크가 화면을 벗어나지 않도록 소스 신호 수직 SCALE을 설정합니다. 신호 피크가 화면을 벗어나면 FFT 과형에 오류가 발생할 수 있습니다.
2. 최소 5개의 과형 사이클을 표시하도록 수평 SCALE 컨트롤을 설정합니다. 더 많은 사이클을 표시하면 FFT 과형에 더 많은 주파수 구성 요소가 나타나 주파수 해상도가 향상되고 앤리어싱을 줄일 수 있습니다(45 페이지).
3. 수직 **MATH** 버튼을 눌러 math 메뉴를 표시합니다. 오실로스코프 단축메뉴에 있을 경우 **MENU OFF** 버튼을 누른 다음 **MATH** 버튼을 누릅니다.
4. **FFT** 화면 버튼을 눌러 FFT 사이드 메뉴를 표시합니다.
5. 신호 소스를 선택합니다. 모든 채널이나 저장된 기준 과형에 FFT를 표시할 수 있습니다.
6. 해당 수직 스케일(13 페이지)과 FFT 창(43 페이지)을 선택합니다.
7. 줌 컨트롤을 사용하여 확대하고 커서를 사용하여 FFT 과형을 측정합니다(16 페이지).

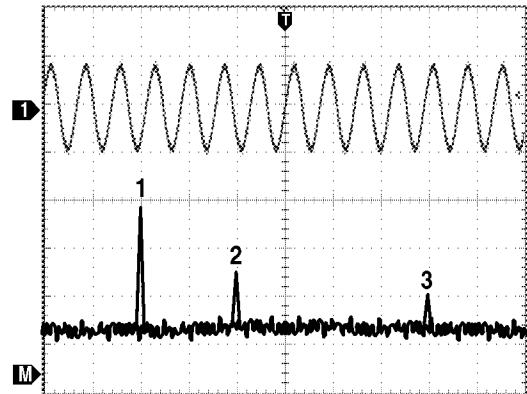
## FFT 예제 1

순수한 사인파를 증폭기에 입력하여 왜곡을 측정할 수 있습니다. 증폭기 왜곡은 증폭기 출력에 고조파를 발생시킵니다. 출력의 FFT를 보면 낮은 수준의 왜곡이 있는지 확인할 수 있습니다.

증폭기 테스트 신호로 20 MHz 신호를 사용합니다. 표에 있는대로 오실로스코프와 FFT 매개 변수를 설정합니다.

### FFT 예제 1 설정

컨트롤	설정
CH1 커플링	AC
획득 모드	평균 16
수평 해상도	보통(10k 포인트)
수평 SCALE	100 ns
FFT 소스	Ch 1
FFT 수직 스케일	dBV
FFT 창	블랙맨 해리스



20 MHz(그림의 라벨 1)에서 첫 번째 구성 요소는 소스 신호 기반 주파수입니다. 또한 FFT 파형은 40 MHz(2)에서 2 번째 고조파를, 80 MHz(3)에서 4 번째 고조파를 표시합니다. 구성 요소 2 와 3은 시스템이 신호를 왜곡하는 것을 나타냅니다. 고조파가 고르게 나타나면 신호 사이클 중간에서 신호 개인 차가 있을 가능성이 있습니다.

## FFT 예제 2

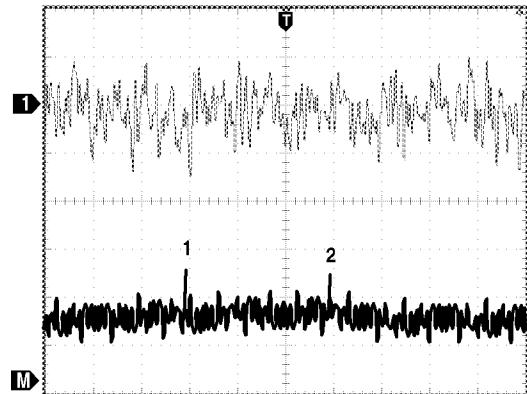
혼합 디지털/아날로그 회로에서의 노이즈는 오실로스코프를 사용하여 쉽게 관찰할 수 있습니다. 그러나, 관찰된 노이즈의 소스를 확인하기가 어려울 수 있습니다.

FFT 과정은 노이즈의 주파수 내용을 표시합니다. 그러면 이 주파수를 시스템 클럭, 발진기, 읽기/쓰기 스트로브, 디스플레이 신호 또는 스위칭 전력 공급기와 같이 알려진 시스템 주파수와 연결시킬 수 있습니다.

예제 시스템에서 가장 높은 주파수는 40 MHz입니다. 예제 신호를 분석하려면 아래 표에 있는대로 오실로스코프와 FFT 매개 변수를 설정합니다.

### FFT 예제 2 설정

컨트롤	설정
CH1 커플링	AC
획득 모드	샘플
수평 해상도	보통(10k 포인트)
수평 SCALE	4.00 ms
대역폭	150 MHz
FFT 소스	Ch 1
FFT 수직 스케일	dBV
FFT 창	해닝



31 MHz(그림 라벨 1)의 구성요소에 주목하십시오. 예제 시스템에서 31 MHz 메모리 스트로브 신호와 동시에 발생합니다. 스트로브 신호의 두 번째 고조파인 62 MHz(그림 라벨 2)에도 주파수 구성 요소가 있습니다.

## DPO Math 기능

TDS3AAM 애플리케이션 모듈은 DPO 과형에서 이 중 과형 연산을 수행하는 기능을 추가합니다. 결과적인 DPO math 과형은 아날로그 오실로스코프와 같은 밝기나 명암 단계 정보를 포함하며, **신호** 추적이 가장 자주 발생하는 곳에서 과형 밝기가 증가합니다. 따라서 신호 동작에 대한 자세한 정보를 알 수 있습니다. DPO math 메뉴에 접근하려면 **MATH** 전면 패널 버튼을 누른 다음 **DPO Math** 하단 버튼을 누릅니다.

### DPO Math 메뉴

하단	사이드	설명
	첫번째 소스 설정	첫 번째 소스 과형을 선택합니다.
	연산자 설정	수학 연산자를 선택합니다. +, - 또는 X
	두 번째 소스 설정	두 번째 소스 과형을 선택합니다.

**밝기.** 과형 밝기 전면 패널 노브를 사용하여 전체 과형 밝기뿐만 아니라 과형 데이터가 화면에 지속되는 기간을 제어합니다.

**획득 모드.** 획득 모드를 변경하면 DPO math 를 제외한 모든 입력 채널 소스에 영향을 미치므로 이 변경 사항을 사용하여 연산 과형을 수정합니다. 예를 들어, 획득 모드를 엔벨로프로 설정하면 Ch1 + Ch2 연산 과형은 엔벨로프된 채널 1과 채널 2 데이터를 수신하여 연산 과형이 엔벨로프가 됩니다.

**데이터 삭제.** 과형 소스에서 데이터를 삭제하면 소스가 새 데이터를 수신할 때까지 해당 소스를 포함하고 있는 모든 연산 과형에 과형 없음이 전달되도록 합니다.

## 고급 Math 기능

TDS3AAM 애플리케이션 모듈을 사용하면 액티브 및 기준 과형, 측정 및 수치 상수를 통합할 수 있는 사용자 정의 연산 과형 수식을 만들 수 있습니다. 고급 Math 메뉴에 접근하려면 **MATH** 전면 패널 버튼을 누른 다음 고급 **Math** 하단 버튼을 누릅니다.

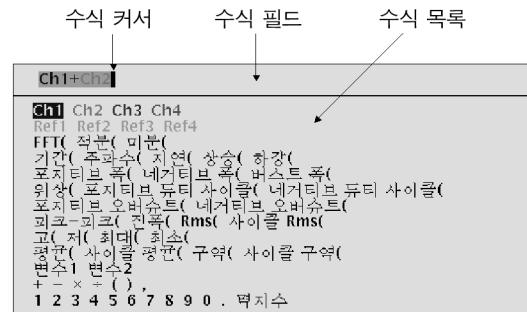
## 고급 Math 메뉴

하단	사이드	설명
고급 Math	수식편집	연산 과형을 정의하는 수식을 만들거나 편집할 수 있는 화면을 표시합니다. 25페이지를 참조 합니다.
변수1, 변수2 n.nnnn E nn		수치 값을 두 변수에 할당합니다. 이 변수를 수식의 일부로 사용할 수 있습니다. 사이드 메뉴 버튼을 눌러 기수(n.nnn)와 지수(nn)필드를 선택합니다. 범용 노브를 사용하여 값을 변경합니다.
단위 설정		사용자 정의된 단위 라벨을 입력할 수 있는 화면을 표시합니다. 이 라벨은 알려지지 않은 "?" 판독 값을 교체합니다.

## 고급 Math 메뉴 (계속)

하단	사이드	설명
고급 Math (계속)	수식 표시	현재 고급 math 수식을 계수에 표시합니다.

**수식 편집 화면.** 수식 편집 화면에서는 임의의 연산 수식을 만들 수 있습니다. 수식 편집 컨트롤에 대한 설명은 26 페이지를 참조합니다.



## 수식 편집 화면

메뉴 항목	설명
수식 커서	다음 수식 요소를 입력할 수식 필드의 위치
수식 필드	입력한 수식 요소를 최대 127 자까지 표시하는 구역
수식 목록	사용 가능한 요소 목록과 함께 노브를 사용하여 요소를 선택합니다. 현재 연산 수식에 대해 구문이 올바른 요소만 선택할 수 있습니다. 택할 수 없는 요소는 회색으로 표시됩니다. 수식 요소에 대한 자세한 내용은 27페이지를 참조합니다.

**수식 편집 컨트롤.** 수식 편집 화면은 연산 수식을 만드는 컨트롤과 메뉴 항목을 제공합니다. 다음 표는 수식 편집 컨트롤을 설명합니다.

### 수식 편집 컨트롤.

컨트롤	설명
범용 노브	수식 목록에서 요소를 선택(강조 표시)합니다.
선택 입력 버튼	선택한 요소를 수식 필드에 추가합니다. 전면 패널의 SELECT 버튼을 사용할 수도 있습니다.

## 수식 편집 컨트롤(계속)

컨트롤	설명
백스페이스 버튼	수식 필드에서 마지막 입력된 요소를 삭제합니다.
취소 버튼	전체 수식 필드를 삭제합니다.
승인 확인 버튼	수식 편집 화면을 닫고 연산 수식 파형을 표시합니다.
MENU OFF 버튼	수식 편집 화면을 닫고 연산 수식을 변경하지 않은 채 이전 메뉴로 돌아갑니다.

**수식 목록.** 다음은 수식 목록 항목에 대한 자세한 설명입니다.

### 수식 목록

메뉴 항목	설명
Ch1-Ch4 Ref1-Ref4	파형 데이터 소스를 지정합니다.
FFT(), Intg(), Diff()	다음 수식에서 고속 퓨리에 변환, 적분 또는 미분 작업을 실행합니다. FFT 연산자는 수식에서 첫 번째(가장 왼쪽) 연산자가 되어야 합니다. 모든 연산은 오른쪽 괄호로 끝나야 합니다.

## 수식 목록(계속)

메뉴항목	설명
주기( - 사이클 구역( )	다음의 파형(액티브 또는 기준)에서 선택된 측정 작업을 실행합니다. 모든 연산은 오른쪽 팔호로 끝나야 합니다.
변수1, 변수2	사용자 정의 변수를 수식에 추가합니다.
+, -, X, ÷	다음 수식에서 더하기, 빼기, 곱하기, 나누기 연산을 실행합니다. + 및 -는 단일 연산자입니다. 다음 수식을 무효로 하려면 -를 사용합니다.
( ),	팔호는 수식에서 평가순서를 제어하는 방법을 제공합니다. 쉼표는 자연과 위상 측정 작업에서 "시작"파형과 "끝"파형을 구분하는데 사용됩니다.
1-0, ., E	(옵션) 과학적 표기 방법으로 수치 값을 지정합니다.

**사용자 정의 변수.** 이 기능을 사용하면 연산 상수와 같은 두 변수를 정의한 다음 연산 수식의 일부로 사용할 수 있습니다. 사이드 메뉴 버튼을 누르면 수치 필드 선택과 과학적 표기 방법 필드(E) 사이를 전환합니다. 한 필드에서 범용 노브를 사용하여 값을 변경합니다. **COARSE(거세조정)** 전면 패널 버튼을 눌러 수치 필드에 큰 숫자를 빠르게 입력합니다.

**Math 단위 편집 컨트롤.** Math 단위 편집 화면은 연산 파형을 위한 사용자 정의 단위를 만드는 컨트롤과 메뉴 항목을 제공합니다. 오실로스코프가 측정을 위한 수평 또는 수직 단위를 결정하지 못할 때마다 정의되지 않은 단위 문자(?)가 표시됩니다. 사용자 정의 단위 기능은 정의되지 않은 수평 또는 수직 단위 문자를 사용자 정의된 연산 파형 전용의 수직 또는 수평 단위로 대체합니다.

다음 표는 Math 단위 편집 컨트롤을 설명합니다.

## Math 단위 편집 컨트롤

컨트롤	설명
범용 노브	라벨 목록에서 문자를 선택(강조 표시)합니다.
위화살표, 아래화살표	단위 라벨 필드에서 수직 또는 수평 라벨을 선택합니다.
승인 확인 버튼	Math 단위 편집 화면을 닫고 연산 메뉴를 표시합니다.
Char 입력 버튼	선택한 문자를 단위 필드의 커서 위치에 추가합니다.
왼쪽화살표, 오른쪽화살표	단위 라벨 필드 커서를 왼쪽이나 오른쪽으로 이동합니다.

## Math 단위 편집 컨트롤(계속)

컨트롤	설명
백스페이스 버튼	커서 위치 왼쪽의 문자를 삭제합니다.
삭제 버튼	단위 라벨 필드의 커서 위치에 있는 문자를 삭제합니다.
취소 버튼	현재 단위 필드(수평 또는 수직)에 있는 모든 문자를 삭제합니다.
MENU OFF 버튼	Math 단위 편집 화면을 닫고 사용자 정의 단위를 적용하지 않은 채 이전 메뉴로 돌아갑니다.

## Math 수식 예제

다음 수식은 과형의 에너지를 계산합니다. Ch1은 볼트 단위이고 Ch2는 암페어 단위입니다.

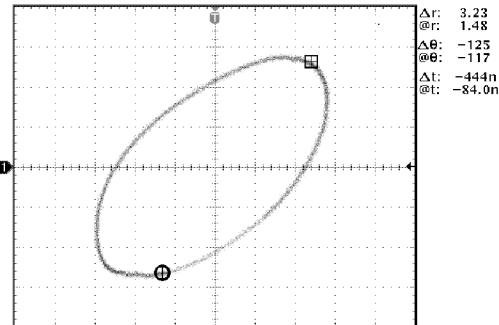
$\text{Intg}(\text{Ch1} \times \text{Ch2})$

결과 과형에서 구역 측정을 수행하면 과형 전원 값이 표시됩니다.

## XY 커서

TDS3AAM 애플리케이션 모듈은 XY와 XYZ 좌형 측정 커서를 추가합니다. 커서 기능은 커서 메뉴의 일부입니다. XY 커서 메뉴 항목에 접근하려면 XY 과형 (디스플레이 > XY 화면 > 트리거된 XY (또는 게이트 XYZ))을 표시해야 합니다.

다음 그림은 극좌표 시스템 판독값을 가진 과형 모드에서 XY 커서를 보여줍니다.



## XY 커서 메뉴

하단	사이드	설명
기능	Off	XY 커서를 끕니다.
	파형	파형 또는 계수선 커서 모드를开启了。전면 패널 SELECT 버튼을 사용하여 이동할 커서(액티브 커서)를 선택합니다. 범용 노브를 사용하여 액티브 커서를 이동합니다.
	계수선	
모드	독립	커서가 독립적으로 이동하도록 설정합니다.
	주적	기준 커서가 선택되었을 때 커서가 함께 이동하도록 설정합니다.
판독값	직사각형	커서 위치 사이에 있는 값을 X와 Y 판독값으로 표시합니다.
	극좌표 시스템	커서 위치 사이에 있는 값을 반지름과 각도 판독값으로 표시합니다.
	곱하기	액티브 커서의 곱하기 값과 두 커서의 차이 벡터를 표시합니다.
	비율	액티브 커서의 비율 값과 두 커서의 차이 벡터를 표시합니다.

**0, 0 원점.** XY 파형 원점은 각 소스 파형의 0 볼트 포인트입니다. 수직 중앙 계수선의 두 소스 파형 0 볼트 포인트로 위치를 지정하면 화면 중앙에 원점이 놓입니다. 모든 실제(@) 측정값은 XY 파형의 0, 0 원점을 기준으로 하며 액티브 커서의 값을 표시합니다.

**파형 모드.** 파형 모드는 실제 파형 데이터를 측정하기 위해 커서를 사용하여 X 와 Y 값 및 단위를 결정합니다. 파형 모드에 있을 때 XY 커서는 항상 XY 파형에 잡겨 있으며 XY 파형 위치에서 벗어날 수 없습니다.

**계수선 모드.** 계수선 기능은 화면 커서 위치를 파형 데이터에 연결하지 않습니다. 대신 디스플레이가 그래프 용지처럼 구간 값이 각 채널의 수직 스케일에 따라 설정됩니다. 계수선 커서 판독값은 파형 데이터가 아니라 화면의 XY 값을 표시합니다. 계수선 커서는 파형 데이터와 관련이 없기 때문에 커서는 XY 파형에 잡겨 있지 않고 계수선 어디에나 위치할 수 있습니다.

모든 판독값 유형(극좌표 시스템, 직사각형, 곱하기 및 비율)은 파형과 계수선 커서 모드에서 모두 사용할 수 있습니다. 그러나, 커서가 파형 레코드를 측정하지 않기 때문에 계수선 모드에서는 시간 판독값이 표시되지 않습니다.

**XY 커서 끄기.** XY 커서를 끄려면 전면 패널 커서 버튼을 누른 다음 커서 기능 Off 사이드 메뉴 버튼을 누릅니다.

**기준 및 델타 커서.** 과형과 계수선 모드 두가지 모두 XY 커서를 사용합니다. 기준 커서(■)와 델타 커서(⊕). 모든 미분( $\Delta$ ) 측정은 기준 커서에서 델타 커서로 측정됩니다.

**XY와 YT 디스플레이 간의 전환.** YT 과형에서 과형 커서의 위치를 확인하기 위해 XY와 YT 디스플레이 모드 사이를 전환할 수 있습니다. 계수선 맨 위에 있는 과형 레코드 아이콘은 과형 레코드의 과형 커서의 상태 커서 위치를 보여줍니다.

**파형 소스.** 액티브 획득, 단일 획득 및 기준 파형에서 XY 커서를 사용할 수 있습니다. XY 과형을 다시 만들기 위해서는 XY 소스 과형을 모두 저장해야 합니다. X 축 과형은 Ref 1에 저장해야 합니다.

**직사각형 판독값.** 직사각형 판독값은 다음 정보를 나타냅니다.

$\Delta X, \Delta Y$	기준 커서에서 델타 커서까지의 X와 Y 차이. 네거티브 X 값은 델타 커서가 X 축 위에서 기준 커서 왼쪽에 있음을 의미합니다. 네거티브 Y 값은 델타 커서가 Y 축에서 기준 커서 아래에 있음을 의미합니다.
$@X, @Y$	액티브(선택된) 커서의 실제 X와 Y 값
$\Delta t$ (파형 모드)	기준 커서에서 델타 커서까지의 시간. 네거티브 값은 델타 커서가 기준 커서보다 파형 레코드에서 앞서 있음을 의미합니다.
$@t$ (파형 모드)	트리거 포인트에서 액티브 커서까지의 시간. 네거티브 값은 액티브 커서가 트리거 포인트보다 파형 레코드에서 앞서 있음을 의미합니다.

다음은 파형 모드에서 직사각형 판독값의 예입니다.

$\Delta X: 1.43V$     $@X: -140mV$

$\Delta Y: 2.14V$     $@Y: 480mV$

$\Delta t: -660ns$     $@t: 1.61\mu s$

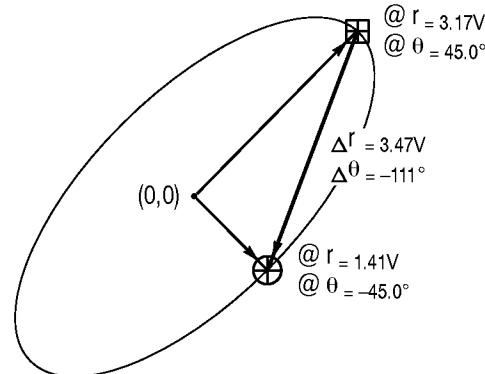
**극좌표 시스템 판독값.** 극좌표 시스템 판독값은 다음 정보를 나타냅니다.

$\Delta r, \Delta\theta$	기준 커서에서 델타 커서까지의 반경과 각도
$@r, @\theta$	XY 파형 원점에서 액티브(선택된) 커서까지의 반경과 각도
$\Delta t$ (파형 모드)	기준 커서에서 델타 커서까지의 시간. 네거티브 값은 델타 커서가 기준 커서보다 파형 레코드에서 앞서 있음을 의미합니다.
$@t$ (파형 모드)	트리거 포인트에서 액티브 커서까지의 시간. 네거티브 값은 액티브 커서가 트리거 포인트보다 파형 레코드에서 앞서 있음을 의미합니다.

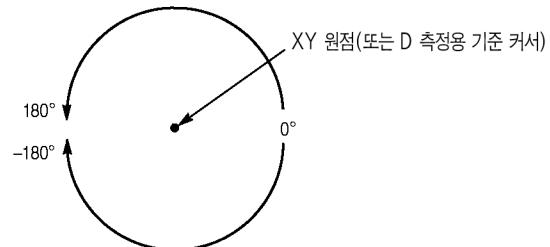
다음은 파형 모드에서 극좌표 시스템 판독값의 예입니다.

$\Delta r: 2.90V$   $@r: 1.27V$   
 $\Delta\theta: 32.6^\circ$   $@\theta: 179^\circ$   
 $\Delta t: -4.20\mu s$   $@t: 8.36\mu s$

다음 그림은 오실로스코프가 두 커서의 반경과 각도 값에서 차이 벡터를 계산하는 방법의 예를 보여줍니다.



다음 그림은 오실로스코프가 극좌표 시스템 각도 값을 결정하는 방법을 보여줍니다.



**곱하기 판독값.** 곱하기 판독값은 다음 정보를 나타냅니다.

$\Delta X \times \Delta Y$	차이 벡터의 X 구성 요소를 차이 벡터의 Y 구성 요소에 곱한 값
$@X \times @Y$	액티브 커서의 X 값을 액티브 커서의 Y 값에 곱한 값
$\Delta t$ (파형 모드)	기준 커서에서 델타 커서까지의 시간. 네거티브 값은 델타 커서가 기준 커서보다 파형 레코드에서 앞서 있음을 의미합니다.
$@t$ (파형 모드)	트리거 포인트에서 액티브 커서까지의 시간. 네거티브 값은 액티브 커서가 트리거 포인트보다 파형 레코드에서 앞서 있음을 의미합니다.

다음은 파형 모드에서 곱하기 판독값의 예입니다.

$\Delta X \times \Delta Y: 7.16\text{VV}$

$@X \times @Y: 1.72\text{VV}$

$\Delta t: -4.68\mu\text{s}$   $@t: 8.84\mu\text{s}$

**비율 판독값.** 비율 판독값은 다음 정보를 나타냅니다.

$\Delta X \div \Delta Y$	차이 벡터의 Y 구성 요소를 차이 벡터의 X 구성 요소로 나눈 비율.
$@X \div @Y$	액티브 커서의 Y 값을 액티브 커서의 X 값으로 나눈 비율.
$\Delta t$ (파형 모드)	기준 커서에서 델타 커서까지의 시간. 네거티브 값은 델타 커서가 기준 커서보다 파형 레코드에서 앞서 있음을 의미합니다.
$@t$ (파형 모드)	트리거 포인트에서 액티브 커서까지의 시간. 네거티브 값은 액티브 커서가 트리거 포인트보다 파형 레코드에서 앞서 있음을 의미합니다.

다음은 파형 모드에서 비율 판독값의 예입니다.

$\Delta Y \div \Delta X: 1.22\text{VV}$

$@Y \div @X: 1.10\text{VV}$

$\Delta t: -4.68\text{ms}$   $@t: 8.84\text{ms}$

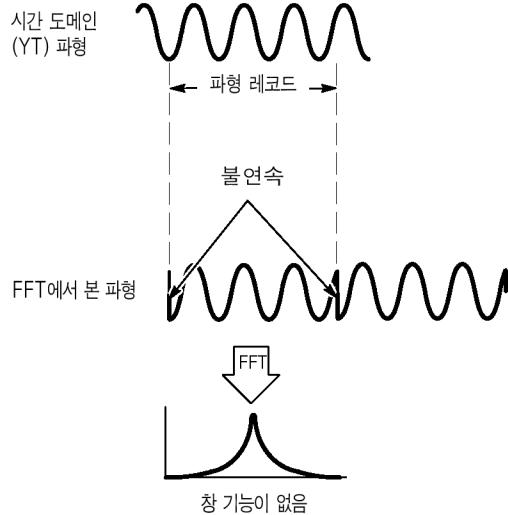
## 부록 A: FFT 개념

이 부록은 FFT 연산과 이론에 대한 자세한 정보를 제공합니다.

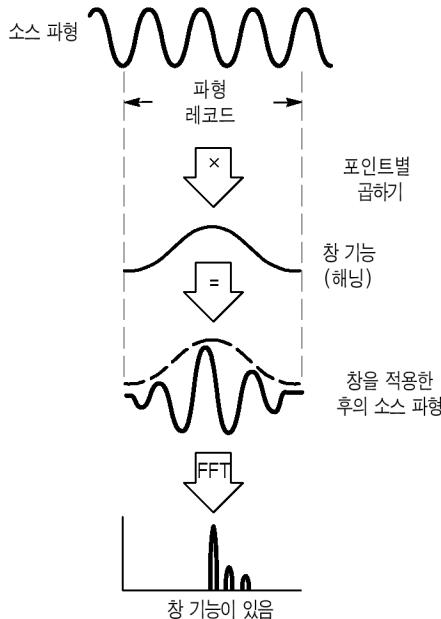
### FFT 창

FFT 진행 과정은 FFT 분석에 사용된 파형 레코드의 일부가 제로(0) 볼트 또는 근처에서 시작하고 끝나는 반복되는 파형을 나타내는 것으로 가정합니다. 즉, 파형 레코드에는 정수의 사이클이 포함되어 있습니다. 파형이 동일한 진폭에서 시작하고 끝나는 경우 신호 모양에는 가공의 불연속은 없으며 주파수와 진폭 정보가 모두 정확합니다.

파형 레코드에 정수가 아닌 사이클이 포함되어 있으면 파형 시작 및 끝 포인트는 다른 진폭에 있게 됩니다. 시작과 끝 포인트 사이에 변화가 있을 경우 파형에 불연속이 발생하여 높은 주파수의 일시적 이벤트가 생성됩니다. 이 일시적 이벤트로 인해 잘못된 정보가 주파수 도메인 레코드에 추가됩니다.



창 기능을 소스 파형 레코드에 적용하면 파형이 변하여 시작과 정지 값이 서로 가까이에 있게 되어 FFT 파형 불연속이 줄어듭니다. 따라서 FFT 파형에서 더 정확하게 소스 신호 주파수 구성 요소를 표현하게 됩니다. 창의 "모양"을 보면 주파수나 진폭 정보의 정확도를 확인할 수 있습니다.



## FFT 창 특성

FFT 애플리케이션 모듈은 4가지의 FFT 창을 제공합니다. 각 창은 주파수 해상도와 진폭 정확도 사이에서 장단점을 가지고 있습니다. 측정할 내용과 소스 신호 특성은 어떤 창을 사용할지 결정하는 데 도움을 줍니다. 가장 적합한 창을 선택하는 데 다음 지침을 사용하십시오.

## FFT 창 특성

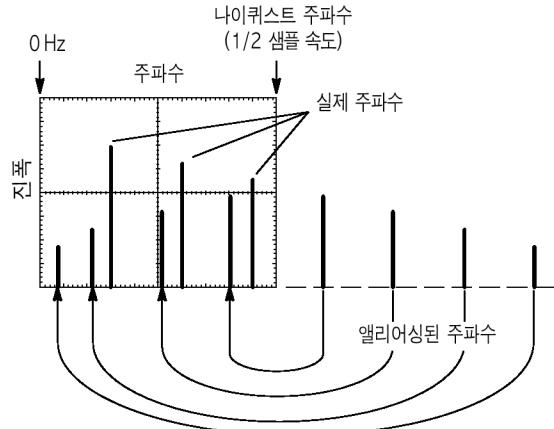
FFT 창	특성	측정에 가장 적합한 창
블랙맨 해리스	최상의 진폭, 최저의 해상 주파수	높은 순위의 고조파를 찾는데 뛰어난 단일 주파수 파형
해밍, 해닝	직사각형보다 양호한 주파수, 불량한 진폭 정확도. 해밍은 해닝보다 주파수 해상도가 약간 더 양호합니다.	사인, 주기적이며 좁은 랜덤 노이즈. 이벤트 전 후의 신호 수준이 현저히 상이한 곳에서의 일시적 또는 버스트 발생.

## FFT 창 특성(계속)

FFT 창	특성	측정에 가장 적합한 창
직사각형	최상의 주파수, 최저의 진폭 해 상도. 창이 없는 것과 같습니다.	이벤트 전 후의 신호 수준이 거의 같은 곳에서 일시적 이벤트 또는 버스트 발생.  매우 가까운 주파수를 가진 동일 한 진폭의 사인파.  상대적으로 느린 스펙트럼을 가 진 광대역 랜덤 노이즈.

## 앨리어싱

오실로스코프가 나이퀴스트 주파수(샘플 속도의 1/2)보다 큰 주파수 구성 요소를 포함하는 신호를 획득할 때 문제가 발생합니다. 나이퀴스트 주파수보다 높은 주파수 구성 요소는 언더샘플되고 계수선 오른쪽 가장자리 주변에 "접혀서" 나타나 FFT 파형의 낮은 주파수 구성 요소로 표시됩니다. 이 잘못된 구성 요소를 앤리어싱이라고 합니다.



액티브 신호에 대한 나이퀴스트 주파수를 확인하려면 획득 메뉴 버튼을 누르십시오. 오실로스코프는 화면 하단 오른쪽 구역에 현재의 샘플 속도를 표시합니다. 나이퀴스트 주파수는 샘플 속도의 절반입니다. 예를 들어, 샘플 속도가 25.0 MS/s 이면 나이퀴스트 주파수는 12.5 MHz 입니다.

엘리어싱을 줄이거나 제거하려면 수평 SCALE 을 더 빠른 주파수 설정으로 조정하여 샘플 속도를 높이십시오. 수평 주파수를 늘리면 나이퀴스트 주파수가 증가하기 때문에 엘리어싱 주파수 구성 요소는 적절한 주파수에서 나타납니다. 화면에 나타난 증가된 수의 주파수 구성 요소가 개별 구성 요소를 측정하기 어렵게 만들 경우 줌 버튼을 사용하여 FFT 파형을 확대하십시오.

또한 소스 신호 대역폭에 필터를 사용하여 주파수에 대한 신호를 나이퀴스트 주파수의 신호 아래로 제한 할 수 있습니다. 대상 구성 요소가 내장된 오실로스코프 대역폭 설정(20 MHz와 150 MHz)아래에 있는 경우 소스 신호 대역폭을 적절한 값으로 설정하십시오. 수직 MENU 버튼을 눌러 소스 채널 대역폭 메뉴에 접근합니다.