

FCA3000 및 FCA3100 시리즈 타이머/카운터/분석기
MCA3000 시리즈 마이크로웨이브 카운터/분석기
사용 설명서



077-0502-01

Tektronix

FCA3000 및 FCA3100 시리즈 타이머/카운터/분석기
MCA3000 시리즈 마이크로웨이브 카운터/분석기
사용 설명서

Copyright © Tektronix. All rights reserved. 사용 계약한 소프트웨어 제품은 Tektronix나 그 계열사 또는 공급 업체가 소유하며 대한민국 저작권법과 국제 조약에 의해 보호됩니다.

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

TEKTRONIX 및 TEK는 Tektronix, Inc.의 등록 상표입니다.

TimeView는 Pendulum AB의 상표입니다.

Tektronix 연락처

Tektronix, Inc.
14150 SW Karl Braun Drive
P.O. Box 500
Beaverton, OR 97077
USA

제품 정보, 영업, 서비스 및 기술 지원에 대한 문의:

- 북미 지역에서는 1-800-833-9200번으로 전화하시면 됩니다.
- 기타 지역에서는 www.tektronix.com에서 각 지역 담당자를 찾으실 수 있습니다.

보증

Tektronix는 이 제품이 그 재료나 공정 기술에 있어서 결함이 없음을 제품을 구입한 날부터 3년의 기간 동안 보증합니다. 만약 보증 기간 내에 해당 제품에 결함이 있음이 증명될 경우, Tektronix는 옵션에 따라 부품 요금이나 공임을 청구하지 않고 결함 제품을 수리하거나, 결함 제품에 대해 교체품을 제공합니다. 보증 업무를 위해 Tektronix에서 사용하는 부품, 모듈 및 교체 제품은 신품 또는 신품의 성능에 가깝게 수리된 것일 수 있습니다. 모든 교체 부품, 모듈 및 제품은 Tektronix의 재산이 됩니다.

본 보증에 의거하여 서비스를 받으려면, 보증 기간이 만료되기 전에 Tektronix에 결함을 통지하고 서비스 실시 에 필요한 적절한 준비를 해야 합니다. 고객은 결함 제품을 포장하여 Tektronix에서 지정하는 서비스 센터로 발송해야 합니다. 이때 운송 요금은 선불로 지불해야 합니다. 반송 주소지가 서비스 센터 소재 지역 내에 있는 경우 Tektronix에서는 고객에게 제품을 반송하는 운송 요금을 부담합니다. 기타 지역으로 제품을 반송하는 경우에는 고객이 모든 운송 요금, 관세, 세금 및 기타 비용을 부담합니다.

본 보증은 잘못된 사용 또는 잘못되거나 적절치 못한 유지 보수 및 수리로 인하여 발생한 모든 결함, 고장 또는 손상에 대해서는 적용되지 않습니다. Tektronix는 본 보증에 의해 가) Tektronix 공인 기술자가 아닌 사람에 의한 제품의 설치, 수리 또는 서비스로 인하여 발생한 손상의 수리, 나) 잘못된 사용 또는 호환되지 않는 장비와의 연결로 인하여 발생한 손상의 수리, 다) 타사 소모품의 사용으로 인하여 발생한 손상 또는 고장의 수리 또는 라) 개조나 통합 때문에 제품의 서비스 시간이 길어지거나 어려워진 경우에 서비스를 제공할 책임이 없습니다.

이 보증은 명시적이거나 암시적인 다른 모든 보증을 대신해 이 제품과 관련하여 Tektronix에 의해 제공됩니다. Tektronix와 판매업체는 시장성 또는 특정 목적의 적합성에 대한 어떠한 묵시적 보증도 거부합니다. 결함 제품에 대한 Tektronix의 수리 또는 교체 책임이 본 보증의 위반에 대해 고객에게 제공되는 유일한 보상입니다. Tektronix와 판매업체는 어떤 간접적이거나 특수하거나 부수적이거나 결과적인 손해에 대해 책임을 지지 않으며, 이는 Tektronix와 판매업체가 그와 같은 손해의 가능성을 사전에 통지했든 통지하지 않았든 마찬가지입니다.

[W4 - 15AUG04]

목차

일반 안전 사항 요약.....	iii
머리말.....	v
이 설명서 정보.....	v
기능.....	v
강력하고 다양한 기능.....	vi
혼동 없음.....	vi
설계 혁신.....	vi
원격 제어.....	vii
포장 풀기.....	1
기본 액세스서리.....	1
사용자 정보.....	1
설치.....	1
장비에 익숙해지기.....	3
전면 패널.....	3
입력 커넥터.....	4
후면 패널.....	5
기본 화면.....	6
컨트롤.....	9
숫자 값 입력.....	13
메뉴.....	13
입력 신호 조건.....	19
입력 컨트롤.....	19
노이즈와 간섭을 줄이거나 무시하는 방법.....	23
주파수 측정.....	29
측정 이론.....	29
입력 A, B (Input A, B).....	34
입력 C (Input C).....	35
비율 A/B, B/A, C/A, C/B.....	35
버스트 A, B, C.....	35
주파수 변조 신호.....	38
AM 신호.....	41
주기.....	42
주파수.....	43
시간 측정.....	45
소개.....	45
시간 간격 (Time Interval).....	46
상승/하강 시간 A/B.....	46
TIE (Time Interval Error) (FCA3100 시리즈만 해당).....	47
펄스 폭 A/B.....	48
듀티 계수 A/B.....	48
시간 측정 오류.....	49

위상 측정.....	51
해상도	51
가능한 오류.....	51
합계 (Totalize)(FCA3100 시리즈만 해당)	55
전압 측정.....	59
V_{MAX} , V_{MIN} 및 V_{PP}	59
V_{RMS}	59
연산 및 통계 측정	61
평균화	61
연산.....	61
통계.....	62
한계 테스트	66
준비	69
지침.....	69
시작 및 정지 준비.....	69
준비 입력 신호.....	71
준비 및 설정 시간.....	72
준비 예제	73
준비 및 프로파일링	78
부록 A: 기본 장비 설정	81
부록 B: 측정 타이밍 제어	83
측정 프로세스	83
색인	

일반 안전 사항 요약

다음 안전 예방책을 확인하여 부상을 방지하고 본 제품이나 관련 제품의 손상을 예방합니다.

잠재적인 부상 위험을 방지하려면 이 제품을 지정된 대로만 사용합니다.

전문 직원만이 서비스 절차를 실시해야 합니다.

이 제품을 사용하는 동안 더 큰 시스템의 다른 부품에 접근해야 할 경우가 있습니다. 시스템 작동에 관련된 경고 및 주의 사항에 대해서는 다른 구성 요소 설명서의 안전 사항 관련 절을 읽으십시오.

화재 또는 부상을 방지하려면

적절한 전원 코드를 사용합니다. 본 제품용으로 지정되고 사용하는 국가에 승인된 전원 코드만 사용합니다.

적절하게 연결하고 분리합니다. 전압 소스에 연결되어 있는 상태에서 프로브 또는 테스트 리드를 연결하거나 분리하지 않습니다.

제품을 접지합니다. 본 제품은 전원 코드의 접지 도체를 통해 접지됩니다. 감전을 예방하려면 접지 도체를 접지에 연결해야 합니다. 제품의 입력이나 출력 단자에 연결하기 전에 제품이 적절히 접지되었는지 확인합니다.

모든 단자 정격을 준수합니다. 화재나 충격 위험을 피하기 위해 모든 정격과 제품의 표시를 준수합니다. 제품에 연결하기 전에 제품 설명서를 참조하여 추가 정격 정보를 확인하십시오.

메인 또는 범주 II, III, IV 회로에 연결하는 경우에는 입력이 작동하지 않습니다.

공통 단자를 비롯하여 해당 단자의 최대 정격을 초과하는 단자에는 전위를 적용하지 마십시오.

전원을 끕니다. 전원 코드를 사용하여 제품의 전원을 끕니다. 사용자가 항상 전원 스위치에 액세스할 수 있도록 전원 코드를 차단하지 마십시오.

덮개 없이 작동하지 않습니다. 덮개나 패널을 제거한 상태로 본 제품을 작동하지 않습니다.

고장이 의심되는 제품은 작동하지 마십시오. 제품이 손상된 것으로 여겨지는 경우에는 전문요원의 검사를 받습니다.

노출된 회로를 만지지 않습니다. 전원이 공급 중일 때는 노출된 연결부와 구성품을 만지지 않습니다.

축축하고 습기가 많은 환경에서 사용하지 않습니다.

폭발 위험이 있는 장소에서 사용하지 않습니다.

제품 표면을 깨끗하고 건조하게 유지합니다.

적절히 환기합니다. 적절히 환기되도록 제품을 설치하는 자세한 내용은 설명서의 설치 지침을 참조하십시오.

이 설명서의 용어 다음 용어가 본 설명서에 나올 수 있습니다.



경고. 경고문은 부상이나 사망을 초래할 수 있는 조건이나 상황을 명시합니다.



주의. 주의문은 본 제품 또는 기타 재산상에 피해를 줄 수 있는 조건이나 상황을 명시합니다.

제품에 있는 기호 및 용어

다음 용어가 제품에 나올 수 있습니다.

- 위험은 표지를 읽는 즉시 영향을 받을 수 있는 부상 위험을 나타냅니다.
- 경고는 표지를 읽는 즉시 영향을 받지 않는 부상 위험을 나타냅니다.
- 주의는 제품을 포함한 재산상의 위험을 나타냅니다.

다음 기호가 제품에 나올 수 있습니다.



주의
설명서 참조



경고
고전압



보호 접지
(어스) 단자



새시 접지



대기 모드

머리말

이 설명서 정보

이 설명서에는 FCA3000 및 FCA3100 시리즈 타이머/카운터/분석기 및 MCA3000 시리즈 마이크로웨이브 카운터/분석기에 대한 작동 정보가 포함되어 있습니다.

간편하게 참조할 수 있도록 모든 장비에 공통으로 적용되는 기능의 경우 장비 이름이 표시되어 있지 않습니다. 특정 장비 또는 장비 시리즈에만 해당되는 기능은 명확하게 표시됩니다.

장비 참조:

- **FCA3X00**은 FCA3000 시리즈 또는 FCA3100 시리즈 장비를 의미합니다.
- **FCA3000**은 FCA3000 시리즈 장비(FCA3000, FCA3003, FCA3020)를 의미합니다.
- **FCA3100**은 FCA3100 시리즈 장비(FCA3100, FCA3103, FCA3120)를 의미합니다.
- **MCA3000**은 MCA3000 시리즈 장비(MCA3027 또는 MCA3040)를 의미합니다.

기능

- 광범위한 측정 주파수 범위(최대 40GHz)
- 시중에서 가장 빠른 마이크로웨이브 카운터(25ms의 획득 시간)
- 업계에서 유일하게 그래픽 디스플레이가 장착된 주파수 계수기
- 고해상도로 50ps 싱글 샷(시간) 또는 초당 12자리(주파수)까지 낮춤
- 단일 주파수와 전압 매개 변수를 동시에 표시
- DC-200MHz에서 15mV_{rms}의 트리거 감도
- 전압 해상도를 1mV로 설정
- 고속 USB/GPIB 버스 전송 속도, 최대 15k/sec의 측정(블록 모드)
- 제로 데드 시간 주파수/주기 측정
- 최상의 OCXO(Oven-controlled Crystal Oscillator) 시간 기반 옵션(1.5E-8/연도 안정성)
- MCA3000 시리즈는 마이크로웨이브 CW 주파수 측정값과 40ns로 줄어든 매우 작은 버스트 측정값 제공
- 0.5Hz부터 50MHz까지 프로그래밍 가능한 펄스 출력(FCA3100 시리즈)
- 10MHz 기준 출력 발진기
- 측정 통계, 히스토그램 및 추이 도표 모드
- 전면 또는 후면 입력 연결 옵션

강력하고 다양한 기능

여러분의 새 장비에서 독특한 성능 기능은 주파수 및 시간과 관련하여 복잡한 신호 유형을 거의 모두 특성화할 수 있게 하는 포괄적인 준비 능력입니다.

예를 들어 외부 준비 상태와 실제 장비 준비 상태 사이의 간격을 지연시킬 수 있습니다. 5장 측정 제어의 준비에 대해 자세히 읽어보십시오.

기존의 타이머/장비 측정 기능 외에도 이 장비에는 위상, 듀티 계수, 상승/하강 시간 및 피크 전압과 같은 여러 가지 다양한 기능이 있습니다. 모든 측정 기능은 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B) 모두에서 수행할 수 있습니다. 대부분의 측정 기능은 주 입력 중 하나를 사용하거나 별도의 준비 채널(E)을 사용하여 준비할 수 있습니다.

장비는 기본 제공되는 연산 및 통계 기능을 사용하여 장비 내에서 측정 결과를 처리할 수 있으므로 외부 컨트롤러 또는 소프트웨어가 필요하지 않습니다. 연산 기능에는 역, 스케일링 및 오프셋이 포함되며, 통계 기능에는 최대 2×10^9 의 샘플 크기에서 최대, 최소, 평균, 표준 편차 및 알란 편차가 포함되어 있습니다.

혼동 없음

장비에는 직관적인 사용자 인터페이스가 갖추어져 있어 별도의 설명이 필요 없을 정도입니다. 여러 레벨로 나뉘어진 메뉴 트리를 사용하면 타이머/장비를 손쉽게 작동할 수 있습니다. 큰 백라이트 그래픽 LCD는 정보를 한 곳에 모아 사용자에게 여러 신호 매개 변수를 표시할 뿐 아니라 동시에 설정 상태와 운영자 메시지를 표시합니다.

측정 샘플을 기반으로 하는 통계는 최대, 최소, 평균 및 표준 편차와 같은 표준 숫자 측정값 결과 외에도 히스토그램이나 추이 도표로 쉽게 나타낼 수 있습니다.

자동 기능은 어떠한 입력 과형에서도 자동으로 트리거됩니다. 버스 학습 모드는 GPIB 프로그래밍을 간소화합니다. 버스 학습 모드를 사용하면 차후 다시 프로그래밍하는 작업을 위해 수동 장비 설정을 컨트롤러로 보낼 수 있습니다. 버스를 가끔 사용하는 사용자인 경우에는 각 개별 장비 설정에 대한 코드와 구문을 알아둘 필요가 없습니다.

설계 혁신

최첨단 기술로 갖추어진 사용 내구성

이 카운터는 품질과 내구성을 위해 설계되었습니다. 설계는 고도의 수준으로 통합되었습니다. 디지털 카운팅 회로는 맞춤형 개발된 단 하나의 FPGA와 32비트 마이크로컨트롤러로 구성되어 있습니다. 통합 수준을 높이고 구성 요소 개수를 줄여 전력 소모량이 감소되고 MTBF가 30,000시간이나 됩니다. 세련된 표면 마운트 기술은 생산 품질을 높입니다. 견고한 기계 구성(예: 기계의 충격을 견디고 EMI로부터 보호하는 금속 캐비닛)도 중요한 기능에 속합니다.

고해상도

이 장비에서 역보간 카운팅을 사용하면 모든 주파수에서 초당 12자리의 우수한 상대적 해상도가 발생합니다.

측정은 시간축 대신 입력 사이클과 동기화됩니다. 장비는 일반적인 "디지털" 카운팅 작업을 수행함과 동시에 시작/정지 트리거 이벤트와 그 다음 후속 클럭 펄스 사이의 시간을 아날로그 방식으로 측정합니다. 이 작업은 트리거 이벤트에서 시작하여 통합 커패시터에 일정한 전류를 충전함으로써 4개의 동일한 회로에서 수행됩니다. 충전은 처음 후속 클럭 펄스의 선행 에지에서 정지됩니다. 통합 커패시터에 저장된 전하는 시작 트리거 이벤트와 처음 후속 클럭 펄스의 선행 에지 사이의 시간 차이를 나타냅니다. 정지 트리거 이벤트의 경우 이와 유사한 충전 통합이 수행됩니다.

"디지털" 방식으로 측정할 준비가 되면 커패시터에 저장된 전하가 아날로그/디지털 컨버터로 측정됩니다.

장비는 모든 측정 즉, 디지털 시간 측정과 아날로그 보간 측정을 완료한 후에 결과를 계산합니다. 그 결과 기본 디지털 해상도 ± 1 클럭 펄스(10ns)는 FCA3000 시리즈의 경우 100ps, FCA3100 시리즈의 경우 50ps로 줄어듭니다.

측정은 입력 신호와 동기화되므로 주파수 측정 해상도는 매우 높으며 주파수와 관계가 없습니다. 카운터에는 14자리가 표시되므로 표시 자체는 해상도를 제한하지 않습니다.

원격 제어

이 장비는 두 개의 인터페이스 GPIB와 USB를 사용하여 프로그래밍할 수 있습니다.

GPIB 인터페이스는 일반 기능 전체를 제공하고, 사용 중인 최신 표준(HW의 경우 IEEE 488.2 1987, SW의 경우 SCPI 1999)을 준수합니다. 또한 작동 중인 ATE 시스템에서 장비를 용이하게 교환하기 위해 Agilent 53131/132 명령 집합을 에뮬레이션하는 보조 GPIB 모드가 있습니다.

USB 인터페이스는 주로 옵션으로 제공되는 TimeView™ 분석 소프트웨어와 함께 사용하기 위한 것입니다. 통신 프로토콜은 SCPI의 독점 버전입니다.

고속 GPIB 버스

이 카운터는 매우 강력한 다기능 장비이면서도 고속 버스 통신 기능도 갖추고 있습니다. 버스 전송 속도는 초당 최대 2000번의 측정입니다. 내부 메모리에 대한 배열 측정은 초당 250000번까지 가능합니다.

이렇게 높은 측정 속도 덕분에 새로운 측정을 수행할 수 있습니다. 예를 들어 수만 번의 펄스 폭 측정 시 지터 분석을 수행하여 순식간에 이러한 측정을 캡처할 수 있습니다.

포괄적인 정보를 다루는 프로그래머 설명서에서는 SCPI를 기반으로 사용할 수 있는 프로그래밍 명령에 대해 설명합니다.

장비는 GPIB 환경에서 손쉽게 사용할 수 있습니다. 내장된 버스 학습 모드를 사용하면 모든 장비를 수동으로 설정하고 해당 설정을 컨트롤러로 전송할 수 있습니다. 나중에 해당 응답을 사용하여 장비를 동일한 설정으로 다시 프로그래밍할 수 있습니다. 이렇게 하면 가끔 사용하는 사용자가 개별 프로그래밍 코드를 모두 학습하지 않아도 됩니다.

(수동으로 설정된) 전체 장비 설정은 내부 메모리 20여 곳에 저장할 수도 있으므로 쉽게 호출할 수 있습니다. 내부 메모리 위치 중 열 군데는 사용자가 보호할 수 있습니다.

포장 풀기

포장이 완벽하고 운반 중 손상되지 않았는지 확인합니다. 내용물이 불완전하거나 손상된 경우 배송업체에게 즉시 배상을 청구하십시오. 또한 수리 또는 교체가 필요한 경우 현지 Tektronix 담당자에게 알립니다.

기본 액세서리

기본 액세서리 목록은 FCA3000, FCA3100 시리즈 타이머/카운터/분석기 및 MCA3000 시리즈 마이크로웨이브 카운터/분석기 빠른 시작 사용 설명서를 참조하십시오.

사용자 정보

후면 패널에 있는 사용자 정보 레이블에는 장비 모델, 일련 번호 및 구성 정보가 표시되어 있습니다. (5페이지의 [후면 패널 참조](#)) [사용자 옵션 > 정보 \(User Opt > About\)](#)를 눌러 장비 정보를 표시할 수도 있습니다.

설치

공급기 전압

전압 정격 90-265V_{rms}, 45-440Hz의 AC 공급기에 장비를 연결할 수 있습니다. 장비는 자체적으로 입력 라인 전압에 맞게 자동으로 조정됩니다.

FCA3X00 또는 MCA3000 시리즈 장비의 경우 사용자가 수리할 수 있는 퓨즈가 없습니다.



주의. 이 퓨즈가 끊길 경우 전원 공급기가 심하게 손상될 수 있습니다. 해당 퓨즈를 교체하지 **마십시오**. 장비를 Tektronix 서비스 센터로 보내주십시오. 수리, 유지 관리 및 조정을 위해 덮개를 제거하는 작업은 연관된 위험에 대해 제대로 알고 있는 숙련된 전문가만 수행해야 합니다.

지정된 보증 기간 동안 장비 내부를 무단으로 열 경우 보증 약정이 무효화됩니다.

접지 라인 전압 공급기에서 접지 오류가 발생하면 공급기에 연결된 장비가 위험합니다. 전원 라인에 장치를 연결하려면 먼저 보호 접지가 제대로 작동하는지 확인해야 합니다. 확인하고 나서 장치를 전원 라인에 연결할 수 있으며 이때 3개의 와이어 라인 코드만 사용할 수 있습니다. 다른 접지 방법은 허용되지 않습니다. 연장 코드에는 보호 접지 도체가 항상 있어야 합니다.



주의. 장치를 서늘한 환경에서 따뜻한 환경으로 옮기면 응축 현상으로 인해 충격 위험이 발생할 수 있습니다. 응축된 부분이 사라지도록 장비를 몇 시간 두었다가 사용하십시오. 장비 접지 요구 사항이 엄격하게 충족되었는지 확인합니다.



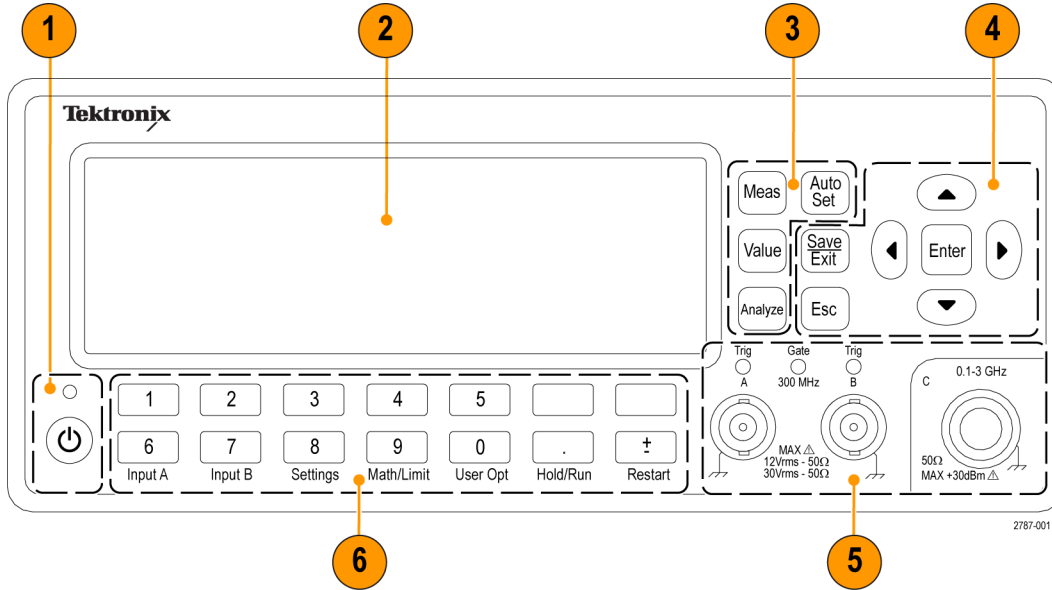
경고. 접지 코드를 차단하면 안 됩니다. 장비 내부나 외부에서 보호 접지 연결을 방해하거나 보호 접지 단자 연결을 끊으면 충격 위험이 발생할 수 있습니다.

방향 및 냉각

어느 위치에서든 장비를 작동할 수 있습니다. 측면 패널에 있는 환기 슬롯을 통하는 공기 흐름이 막히지 않도록 하십시오. 장비의 측면과 후면에 5cm(2인치)의 공간을 두어야 합니다. 장비에는 벤치탑 사용을 위한 접이식 다리도 있습니다.

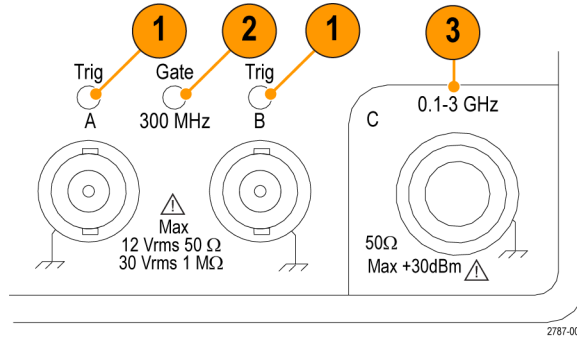
장비에 익숙해지기

전면 패널



1. 전원 버튼(9페이지의 전원 버튼 참조)
2. 기본 화면(6페이지의 기본 화면 참조)
3. 측정 버튼(9페이지의 측정 버튼 참조)
4. 탐색 버튼(10페이지의 저장/종료 (Save/Exit) 버튼 참조)
5. 입력 커넥터(4페이지의 입력 커넥터 참조)
6. 키패드 버튼(11페이지의 키패드 버튼 참조)

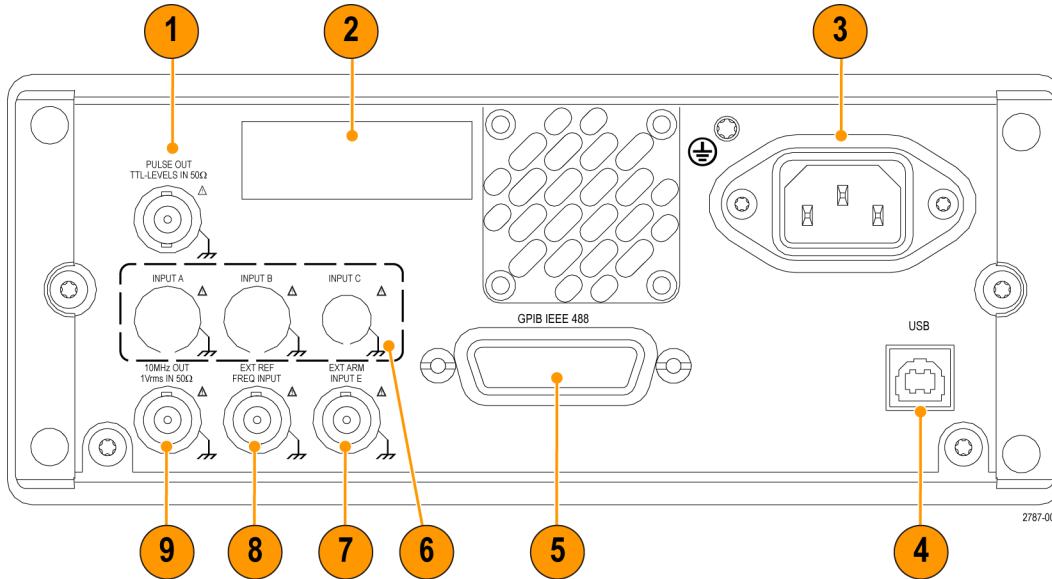
입력 커넥터



1. 입력 A, B (Input A, B)의 입력과 트리거 표시기. 깜박이는 트리거 LED에는 올바른 트리거링이 표시됩니다.
2. 게이트 (Gate) 표시기. 게이트 (GATE) 표시기는 카운터에서 입력 사이클을 계산 중일 때 켜짐으로 설정됩니다.
3. 더 높은 주파수를 측정하기 위해 필요한 입력 C (Input C) 프리스케일러(3GHz 또는 20GHz, FCA3000 및 FCA3100 시리즈) 또는 다운 컨버터(27GHz 또는 40GHz, MCA3000 시리즈).

주석노트. FCA3000 시리즈 및 FCA3100 시리즈 장비의 경우 초기 상태 옵션 RP는 입력 커넥터를 전면 패널에서 후면 패널로 이동합니다. 게이트 (Gate) 및 트리거 A/B (Trig A/B) LED 표시기는 전면 패널에 그대로 남아 있습니다. MCA3000 시리즈 장비에서는 옵션 RP를 사용할 수 없습니다.

후면 패널

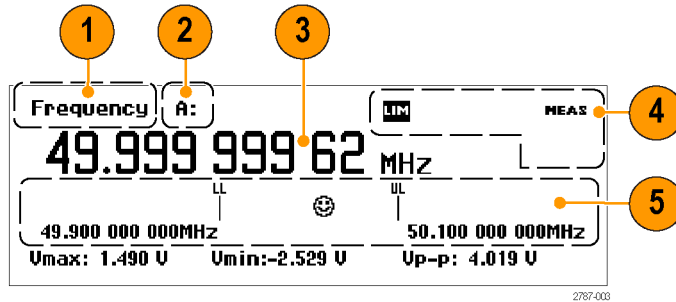


1. 펄스 출력 커넥터(FCA3100 시리즈만 해당).
2. 모델, 일련 번호 및 설치된 옵션 수를 포함하는 ID 레이블.
3. 라인 전원 커넥터.
4. PC에 연결하는 데 필요한 USB 2.0 12Mb/s 포트.
5. 컨트롤러 연결용 GPIB 포트.
6. 옵션으로 제공되는 후면 패널 입력 커넥터. 초기 상태 옵션 RP는 전면 패널 입력 커넥터를 후면 패널로 이동합니다. MCA3000 시리즈 장비의 경우에는 사용할 수 없습니다.
7. 외부 준비 입력 커넥터(측정의 외부 준비용(동기화)). 설정 (Settings) 메뉴에서의 측정 준비를 위해 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B)를 선택할 수도 있습니다.
8. 외부 기준 입력 커넥터. 설정 (Settings) 메뉴에서 측정 기준이 자동 (Auto)으로 설정되면 이 입력은 유효한 신호가 나타날 때 자동으로 선택됩니다.
9. 10MHz 출력 커넥터. 활성 측정 기준(내부 또는 외부 기준)에서 파생된 기준 신호를 제공합니다. 측정 기준 소스는 설정 (Settings) 메뉴에 설정되어 있습니다.

기본 화면

장비는 모노 LCD를 사용하여 신호 소스, 장비 측정값(숫자 및 그래픽) 및 메뉴 항목을 표시합니다. 표시되는 항목은 표시 모드에 따라 달라집니다.

측정 값 모드



값 (Value) 버튼을 눌러 현재 측정된 고해상도 숫자 판독값을 표시합니다.

1. 현재 측정값.
2. 측정 신호 소스. 기본 측정 판독값이 통계 측정인 경우 이 텍스트에는 통계 측정 유형(예: 평균: (A MEAN:))도 표시됩니다.
3. 기본 측정 판독값. 화면 하단의 판독값은 소스 신호에 대한 전기 정보를 나타냅니다. 판독값 또는 디스플레이는 측정 또는 분석 모드에 따라 변경됩니다.
4. 측정 상태. 연산 또는 한계 테스트 모드(MATH 또는 LIM), 측정/홀드/단일 측정 상태(MEAS, HOLD, SING) 및 원격 GPIB 제어 상태(REM)를 보여 줍니다. 측정 상태는 모든 표시 모드에서 나타납니다.

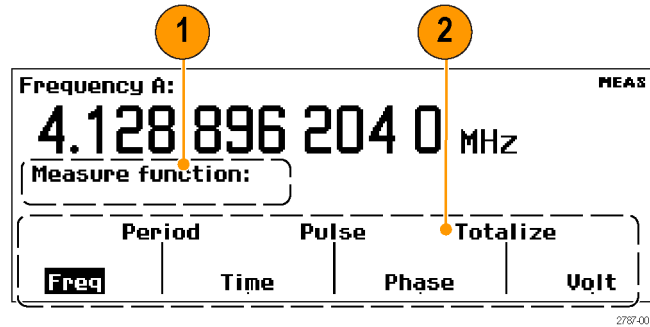
주석노트. 일반적으로 화면에는 장비를 원격으로 제어할 때 활성 측정이 표시됩니다. 하지만 TimeView는 측정 속도를 높이기 위해 화면을 끕니다. 즉, 화면에는 디스플레이 꺼짐 (Display OFF) 메시지가 표시되고, 측정 상태는 REM(원격)이 되며, 전면 패널에 있는 모든 버튼(Esc 제외)이 비활성화됩니다. Esc 버튼을 눌러 원격 장치에 "로컬로 돌아가기 (Return To Local)" 메시지를 보내고 장비를 로컬 모드로 되돌립니다.

원격 연결에서 로컬 잠금이 프로그래밍되어 있으면 Esc 키를 사용하여 장비를 로컬 모드로 되돌릴 수 없습니다.

5. 한계 경보 판독값(활성화된 경우). 하한(LL) 및 상한(UL) 설정은 연관된 한계 값과 함께 수직 막대로 표시됩니다. 이모티콘에는 상대 측정 값과 한계 통과/실패 상태(측정이 한계 내에 있으면 웃는 얼굴, 측정이 한계를 벗어나면 찡그린 얼굴)가 표시됩니다. 측정값이 한계를 초과하면 화면 상단에 있는 LIM 상태 텍스트가 깜박이고 측정값이 한계 내로 돌아와도 계속 깜박거립니다. 재시작 (Restart)을 눌러야 LIM 상태가 재설정됩니다.

메뉴 모드

메뉴 버튼(예: 측정 (Meas) 또는 하단에 있는 키보드 버튼)을 누르면 화면 하단 영역이 해당 버튼에 대한 메뉴 항목으로 바뀝니다.

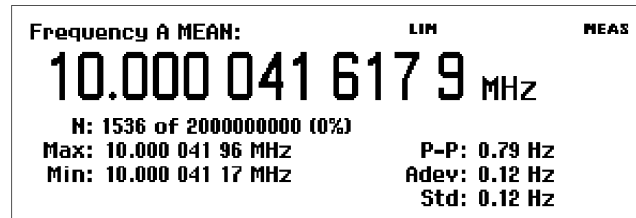


1. 메뉴 경로에는 현재 선택한 메뉴 항목의 경로가 표시됩니다.
2. 메뉴에는 사용 가능한 메뉴 옵션이 표시됩니다. 메뉴 항목 바로 아래에 있는 키보드 버튼을 눌러 해당 항목을 선택하거나 레벨이 더 낮은 메뉴를 엽니다. 현재 선택한 항목은 반전된 텍스트로 표시됩니다. 탐색 화살표 버튼을 사용하여 메뉴 항목을 강조 표시하고 선택할 수도 있습니다.

분석 모드

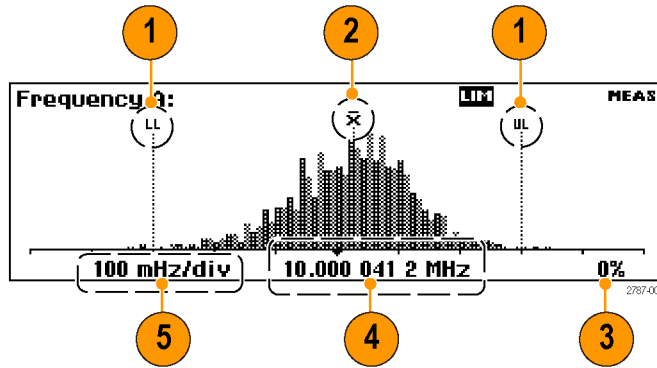
분석 모드(분석 (Analyze) 버튼을 눌러 액세스 가능)에서는 기본 통계 분석을 적용하여 측정값의 수치, 히스토그램 또는 추이 통계 분석 판독값을 표시합니다.

수치 표시: 장비에서 측정이 성공적으로 수행되면 그 결과가 수치 통계 판독값으로 표시됩니다.



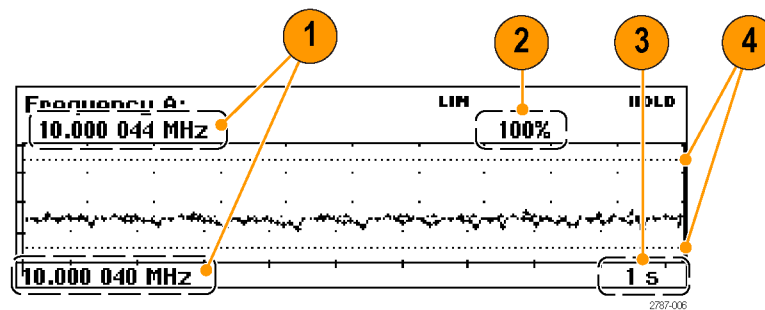
- 평균 (MEAN): 기본 측정에는 N개의 샘플에서 계산 중인 평균 값이 표시됨
- N: 설정 > 통계 (Settings > Stat) 메뉴에 설정되어 있는 측정 샘플 수
- 최대, 최소 (Max, Min): 최대 및 최소 측정 값
- P-P: 피크-피크 편차
- 알란 편차 (Adev): 알란 편차
- 표준 편차 (Std): 표준 편차

히스토그램 디스플레이: 장비에는 성공한 측정이 히스토그램으로 표시됩니다. 수직 축에 따른 빈 수는 **설정 > 통계 (Settings > Stat)** 메뉴에 설정되어 있습니다.



1. 상한 및 하한 경보 레벨(활성화된 경우). 한계 테스트가 활성화 상태이면 장비는 히스토그램과 한계를 모두 표시하도록 그래프 스케일을 자동으로 조정합니다. 장비는 자동 스케일 조정의 한계 내에서만 데이터를 사용합니다. 표시되는 그래프 영역 바깥에 있는 측정값은 디스플레이의 왼쪽 또는 오른쪽 가장 자리에 있는 화살촉으로 표시됩니다.
2. 실행 중인 평균 측정값 위치(\bar{X}).
3. 측정 완료율(%).
4. 그래프 중심(진한 삼각형으로 표시) 및 해당하는 주파수.
5. 구간별 그래프 수평 스케일. 한계 경보(활성 상태인 경우)는 현재 측정값과 한계 설정이 모두 표시되도록 스케일을 설정합니다. 장비는 측정된 데이터를 기반으로 계속 히스토그램 bin의 스케일을 자동 조정합니다.

추이 도표 표시: 장비에서 측정이 성공적으로 수행되면 시간에 따라 값이 도표로 표시됩니다. 이 모드는 변동 또는 측정 편차 추이를 관찰할 때 유용합니다. 설정된 개수의 샘플이 완료되고 나면 추이 도표가 정지(HOLD가 활성화된 경우) 또는 재시작(RUN이 활성화된 경우)됩니다. 재시작할 경우 추이 도표 그래프는 0부터 시작하여 측정된 데이터를 기반으로 계속 스케일을 자동 조정합니다. 활성화 상태인 경우 한계 경보는 수평선으로 표시됩니다.



1. 도표 디스플레이의 주파수 상한 및 하한 범위. 추이 도표 그래프는 측정된 데이터를 기반으로 계속 스케일을 자동 조정하여 측정 추이 값을 표시합니다.
2. 측정 완료율(%).

3. 구간별 수평 단위.
4. 한계 경고 레벨(활성 상태인 경우). 한계 테스트가 활성 상태이면 장비는 측정 주이 도표와 한계 값(점선으로 된 수평선)을 모두 표시하도록 그래프 스케일을 설정합니다.

컨트롤

전원 버튼

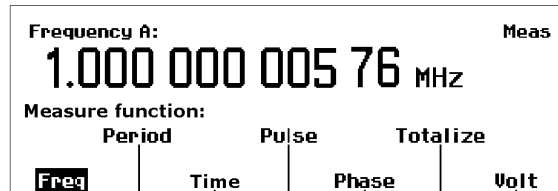


장비의 전원을 켜거나 끄려면 **전원** 버튼을 누릅니다. 전원 버튼은 보조 전원 스위치입니다. 즉, 전원은 라인 전원이 적용되는 즉시 일부 장비에 공급되어 버튼 위에 있는 빨간색 LED로 나타납니다. 장비에서 전원을 완전히 차단하려면 전원 코드를 뽑습니다.

측정 버튼



화면 하단을 따라 장비 측정 메뉴를 표시하려면 **측정 (Meas)** 버튼을 사용합니다. 메뉴 항목 바로 아래에 있는 메뉴 버튼을 눌러 해당 메뉴 항목을 선택하거나 필요에 따라 하위 메뉴를 엽니다.



일반적으로 측정값에는 주파수, 주기, 시간, 펄스, 위상, 합계(FCA3100 시리즈만 해당) 및 볼트가 포함됩니다. 측정 메뉴의 내용은 장비 모델과 구성에 따라 달라집니다.

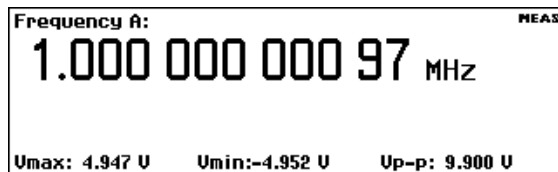
현재 선택한 항목은 반전된 텍스트로 나타나며, 커서 위치를 나타내기도 합니다. 메뉴 항목 아래에 있는 해당 메뉴 소프트웨어를 눌러 원하는 측정 기능을 선택합니다.

왼쪽 및 **오른쪽** 화살표 버튼을 사용하여 커서를 이동하거나 다른 메뉴 항목을 선택할 수도 있습니다. **Enter**를 눌러 확인합니다.

값 (Value) 버튼



현재 측정값을 숫자 값으로 표시하려면 **값 (Value)** 버튼을 사용합니다. 장비의 화면 하단을 따라 보완 측정값도 표시됩니다.



분석 (Analyze) 버튼



현재 측정값을 세 가지 통계 분석 표시 모드 중 하나로 표시하려면 **분석 (Analyze)** 버튼을 사용합니다. 분석 (Analyze) 버튼을 반복해서 누르면 통계 표시 모드가 반복됩니다. (7페이지의 *분석 모드* 참조)

자동 설정 (Auto Set) 버튼



측정 기능 및 입력 신호 진폭(대체로 보통 신호의 경우)에 대한 트리거 레벨을 자동으로 설정하려면 **자동 설정 (Auto Set)** 버튼을 사용합니다. 이렇게 하면 측정값을 표시하도록 장비를 신속하게 설정할 수 있습니다.

자동 설정 (Auto Set) 버튼을 한 번 누르면 다음 작업이 수행됩니다.

- 자동 트리거 레벨 설정
- 감쇠기를 1x로 설정
- 디스플레이 켜기
- 자동 트리거 저주파수 (Auto Trig Low Freq) 값을 다음 중 하나로 설정
 - $f_{in} \geq 100\text{Hz}$ 이면 100Hz
 - $10 < f_{in} < 100\text{Hz}$ 이면 f_{in}
 - $f_{in} \leq 10\text{Hz}$ 이면 10Hz

2초 이내에 자동 설정 (Auto Set) 버튼을 두 번 누르면 더 광범위한 **사전 설정**이 수행됩니다. 한 번 누르는 자동 설정 (Auto Set) 기능 외에도 다음 매개 변수가 설정됩니다.

- 측정 시간 (Meas Time)을 200ms로 설정
- 홀드오프 (Hold-Off) 끄기
- 홀드/실행 (Hold/Run)을 실행 (Run)으로 설정
- 연산/한계 (Math/Limit) 끄기
- 아날로그 (Analog) 및 디지털 필터 (Digital Filters) 끄기
- 시간축 기준 (Timebase Ref)을 자동 (Auto)으로 설정
- 준비 (Arming) 끄기

초기 상태 기본값 설정을 호출하면 더 포괄적인 사전 설정 기능을 수행할 수 있습니다.

저장/종료 (Save/Exit) 버튼



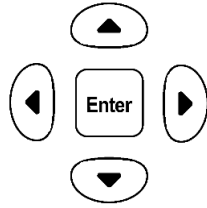
현재 선택한 항목을 확인하고 이전 메뉴 레벨로 종료하려면 **저장/종료 (Save/Exit)** 버튼을 사용합니다.

Esc 버튼



현재 선택한 항목을 확인하지 않고 이전 메뉴 레벨로 종료하려면 **Esc** 버튼을 사용합니다.

화살표 및 Enter 버튼

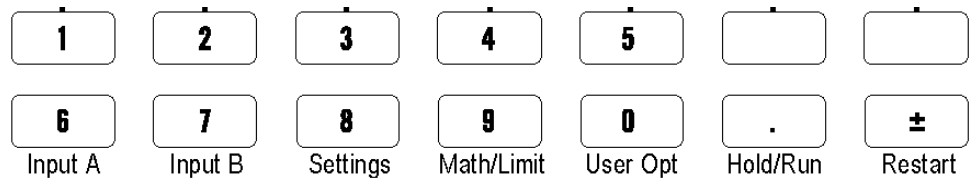


화살표 및 Enter 버튼은 장비 모드에 따라 여러 기능을 제공합니다.

- **메뉴 모드:** 메뉴 항목을 표시하고 선택하려면 왼쪽 화살표, 오른쪽 화살표 및 Enter 버튼을 사용합니다.
- **숫자 항목 모드:** 설정 필드에서 맨 오른쪽에 있는 숫자를 지우려면 왼쪽 화살표 버튼을 사용하고, 설정 필드에서 숫자 값을 증분 또는 감소시키려면 위쪽 화살표 및 아래쪽 화살표 버튼을 사용합니다(1-2-5 패턴).
- 표시된 값 또는 선택한 메뉴 항목을 수락하려면 **Enter** 버튼을 사용합니다.
- **LCD 화면 대비:** 장비에서 메뉴가 표시되지 않거나 입력하라는 메시지가 표시되지 않을 때 LCD 화면 대비를 설정하려면 위쪽 화살표 및 아래쪽 화살표 버튼을 사용합니다.

키패드 버튼

메뉴 항목을 선택하고, 장비 구성 메뉴를 열고, 매개 변수 값을 입력하려면 키패드 버튼을 사용합니다.



매개 변수 필드에 숫자 매개 변수 값을 입력하려면 숫자 버튼(0-9, . 및 ± 버튼)을 사용합니다.

해당하는 화면 메뉴 항목을 선택하려면 **메뉴 소프트키** 버튼(버튼 1-5 및 상단 행에 있는 두 개의 빈 버튼)을 사용합니다.

해당 버튼에 대한 메뉴를 표시하려면 **메뉴** 버튼(키패드 하단 행에 있는 입력 A (Input A)부터 사용자 옵션 (User Opt)까지)을 사용합니다.

입력 A (Input A), 입력 B (Input B): 선택한 채널에 대한 입력 채널 설정을 표시하고 구성하려면 **입력 A (Input A)** 및 **입력 B (Input B)** 버튼을 사용합니다. 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B) 메뉴는 트리거 기울기, 신호 커플링(AC 또는 DC), 입력 임피던스(50Ω 또는 1MΩ), 입력 감쇠(1x 또는 10x), 트리거 모드(수동 또는 자동), 트리거 레벨(수동 트리거 모드인 경우) 및 필터(주파수 차단)와 같은 채널 관련 설정을 제공합니다. 입력 A, B (Input A, B)의 메뉴는 서로 같습니다.

특정 트리거 레벨을 설정하려면 **수동 (Manual)** 트리거 모드를 선택하고, **트리거 (Trig)** 메뉴 항목을 선택한 후 탐색 화살표 버튼을 사용하여 값을 증분/감소시킵니다. 숫자 버튼을 사용하고 **Enter**를 눌러 값을 입력할 수도 있습니다.

필터 설정 (Filter Settings) 메뉴를 사용하면 고정 100kHz 아날로그 필터나 조정 가능한 디지털 필터를 선택할 수 있습니다. 동급의 차단 주파수는 메뉴에서 디지털 LP 주파수 (Digital LP Frequency)를 선택할 경우에 열리는 값 입력 메뉴를 사용하여 설정됩니다.

주석노트. 상승 시간 또는 하강 시간을 측정할 때 항상 자동 트리거 레벨을 사용하십시오.

설정 (Settings): 측정 설정 구성 메뉴를 표시하려면 **설정 (Settings)** 버튼을 사용합니다. 설정 (Settings) 메뉴는 측정 시간 (Measure Time)(주파수 측정용), 버스트 (Burst)(펄스 변조 신호용), 준비 (Arming)(조건부 측정 시작/정지) 트리거 홀드 오프 (Trigger Holdoff)(정지 트리거 지연), 통계 (Statistics)(통계 측정용 설정), 시간측 기준 (Time base Reference)(내부 또는 외부) 및 기타 (Miscellaneous)(예: 입력 신호 타임아웃 주기 및 자동 트리거 저주파수 설정)와 같은 측정 관련 설정을 제공합니다.

연산/한계 (Math/Limit): 연산 및 한계 테스트 구성 메뉴를 표시하려면 **연산/한계 (Math/Limit)** 버튼을 사용합니다. 연산 (Math) 메뉴는 측정 결과를 수학적으로 사후 처리하기 위해 사전 정의된 공식과 사용자 정의된 상수를 제공합니다. 일반적으로 연산 처리 시, 테스트 중 신호에 포함된 믹서 또는 멀티플라이어를 계산에 포함하기 위해 측정값을 변환하는 데 사용됩니다.

한계 (Limits) 메뉴를 사용하면 숫자 한계값을 설정하고 장비가 한계 위반을 보고하는 방식을 선택할 수 있습니다.

사용자 옵션 (User Opt): 사용자 옵션 구성 메뉴를 표시하려면 **사용자 옵션 (User Opt)** 버튼을 사용합니다. 사용자 옵션 (User Opt) 메뉴는 장비 설정(각각 고유한 레이블이 있는 최대 20개의 비휘발성 메모리) 저장 또는 호출, 버스 인터페이스 선택(USB 또는 GPIB), GPIB 버스 구성(모드, 주소), 장비 자가 진단, 조건부 출력 신호 설정(FCA3100 시리즈만 해당) 및 장비 구성 정보(모델, 일련 번호, 펌웨어 및 구성)와 같은 장비 설정을 제공합니다.

사용자 옵션 메뉴에서 장비를 교정할 수도 있습니다. 이 내부 교정 프로세스에 액세스하려면 암호가 필요합니다. 내부 장비 교정 방법은 FCA3000 및 FCA3100 시리즈 타이머/카운터/분석기 및 MCA3000 시리즈 마이크로웨이브 카운터/분석기 기술 참조 설명서를 참조하십시오.

홀드/실행 (Hold/Run): 측정 획득을 제어하려면 **홀드/실행 (Hold/Run)** 버튼을 사용합니다. 실행(측정값을 일정하게 획득) 모드와 홀드(측정 일시 중지) 모드 사이를 전환하려면 이 버튼을 누릅니다. 장비가 측정 홀드 모드에 있으면 화면의 오른쪽 상단에 있는 측정 표시기가 측정 (MEAS)에서 홀드 (HOLD)로 변경됩니다. 일반적인(지속적인) 측정 모드를 다시 시작하려면 홀드/실행 (Hold/Run) 버튼을 다시 누릅니다.

단일 측정을 수행하려면 장비를 홀드 (Hold) 모드로 배치한 다음 재시작 (Restart) 버튼을 누릅니다. 장비가 단일 측정을 수행 중이면 화면의 오른쪽 상단에 있는 측정 표시기가 홀드 (HOLD)에서 단일 (SING)로 변경됩니다.

재시작 (Restart): 측정 값을 지우고 측정을 다시 수행하려면 **재시작 (Restart)** 버튼을 사용합니다. 이 버튼은 입력 신호에 변경이 발생한 후 새 측정을 시작해야 할 때, 특히 측정 시간이 긴 경우 유용합니다. 장비가 홀드 (Hold) 모드에 있으면 이 버튼을 사용하여 단일 측정을 수행합니다.

재시작을 수행해도 장비 설정에는 영향을 미치지 않습니다.

숫자 값 입력

경우에 따라 메뉴 필드에 상수와 한계를 입력해야 할 수 있습니다. **위쪽/아래쪽** 화살표 버튼을 눌러 사용 가능한 고정 값 목록에 없는 값을 선택할 수도 있습니다. 그렇지 않으면 입력할 값이 범위를 너무 많이 벗어나 원래 값을 충분하거나 감소시켜서 간편하게 적용할 수 없습니다.

숫자 값을 입력하려면 숫자 버튼(0-9, . (소수점) 및 \pm (변경 기호))을 사용합니다.

과학적 표기 형식을 사용하여 값을 입력할 수도 있습니다. **EE**(지수 입력) 소프트웨어를 사용하면 가수와 지수 입력 사이를 전환할 수 있습니다.

새 값을 저장하려면 **저장 | 종료 (Save | Exit)**를 누르고, 값을 저장하지 않고(현재 값 보존) 이 메뉴를 종료하려면 **Esc**를 누릅니다.

메뉴

입력 A (Input A), 입력 B (Input B) 메뉴

입력 A (Input A) 및 입력 B (Input B) 메뉴는 각 채널을 구성하기 위한 설정을 제공합니다. 입력 A (Input A) 및 입력 B (Input B)의 메뉴 내용은 서로 같습니다.

표 1: 입력 A (Input A), 입력 B (Input B) 메뉴

항목	설명
기울기 (Slope)	신호의 상승 또는 하강 에지에서 트리거합니다.
신호 커플링 (Signal coupling)	AC 또는 DC.
입력 임피던스 (Input impedance)	1M Ω 또는 50 Ω .
입력 신호 감쇠 (Input signal attenuation)	1x 또는 10x.
트리거 모드 (Trigger Mode)	단일 트리거 레벨 모드(자동 (Auto) 또는 수동 (Man))를 설정합니다. 자동 (Auto) 트리거 모드에 있는 경우 트리거 (Trig) 메뉴 항목을 사용하여 진폭의 백분율로 트리거 레벨을 수동으로 설정합니다. 수동 (Man) 트리거 모드에 있는 경우에는 트리거 (Trig) 메뉴 항목을 사용하여 트리거 값을 입력합니다. 주석노트. 상승 시간 또는 하강 시간을 측정할 때 항상 자동 (Auto)을 사용하십시오.

표 1: 입력 A (Input A), 입력 B (Input B) 메뉴 (계속)

항목	설명
트리거 (Trig)	신호 트리거 레벨을 설정합니다. 표시되는 값이 현재 트리거 레벨입니다.
필터 (Filter)	고정 100kHz 아날로그 또는 조정 가능한 디지털 차단 필터를 설정합니다. 특정 주파수를 설정하려면 디지털 LP 주파수 (Digital LP Frequency) 메뉴를 사용합니다.

설정 (Settings) 메뉴

측정 매개 변수를 구성하려면 설정 (Settings) 메뉴를 사용합니다.

표 2: 설정 (Settings) 메뉴

항목	설명
측정 시간 (Meas Time)	측정 시간을 설정합니다. 이 메뉴는 주파수 측정에 사용할 수 있습니다. 측정 시간이 길어질수록 초당 측정 수가 적어지고 해상도가 더 높아집니다.
버스트 (Burst)	펄스 변조(버스트) 신호 측정과 관련된 매개 변수를 설정합니다. 버스트 (Burst) 설정 메뉴는 선택한 측정이 측정 > 주파수 > 주파수 버스트 (Meas > Freq > Freq Burst) 인 경우 사용할 수 있습니다. 캐리어 주파수 및 변조 주파수 (PRF (펄스 반복 빈도)) 모두 외부 준비 신호를 지원하지 않는 경우에도 측정할 수 있습니다.
준비 (Arm)	측정 시작 및 정지 매개 변수를 설정합니다. 준비는 측정의 실제 시작 및 정지 시간을 제어하기 위한 수단으로 사용되는 일반적인 용어입니다. 일반적인 자유 실행 모드는 금지되며, 지정된 사전 트리거 상태가 탐지되면 트리거링이 발생합니다. 준비를 시작하는 데 사용되는 하나 이상의 신호는 3개의 채널 (A, B 또는 E)에 적용할 수 있으며 시작 채널은 정지 채널과 다를 수 있습니다. 모든 상태는 이 메뉴를 사용하여 설정할 수 있습니다.
트리거 홀드오프 (Trigger Hold Off)	측정이 시작된 이후에 정지 트리거 상태가 무시되는 지연 시간을 설정합니다. 일반적으로 릴레이 컨택을 바운스하여 생성되는 신호를 무시할 경우 사용됩니다.
통계 (Stat)	다음 통계 측정 매개 변수를 설정합니다. <ul style="list-style-type: none"> ■ 다양한 통계 측정 계산에 사용되는 샘플 수. ■ 히스토그램 보기에 있는 빈 수. ■ 페이스 (Pacing)(측정 간 지연)을 켜기 (ON) 또는 끄기 (OFF)로 설정하고 지연 시간을 2µs-500s로 설정합니다.
시간축 (Timebase)	측정에 대한 내부 (Internal) 또는 외부 (External) 시간축 기준을 설정합니다. 세 번째 대안은 자동 (Auto) 입니다. 기준 입력에 유효한 신호가 나타나면 외부 시간축이 선택됩니다. 화면 오른쪽 상단에 있는 외부 기준 (EXT REF) 표시기는 장비에서 외부 시간축 기준을 사용하고 있음을 보여 줍니다.

표 2: 설정 (Settings) 메뉴 (계속)

항목	설명
기타 (Misc)	<p>기타 측정 매개변수를 설정합니다.</p> <p>보간기 교정 (Interpolator Calibration)은 장비 보간기 교정을 활성화하거나 비활성화합니다. 이렇게 하면 정확성은 떨어지지만 측정 속도가 증가합니다.</p> <hr/> <p>스마트 측정 (Smart Measure)에서는 다음을 설정합니다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 스마트 시간 간격 (Smart Time Interval)(시간 간격 측정값에 해당) - 시간 소인을 사용하여 다른 측정 채널보다 우선하는 측정 채널을 확인합니다. ■ 스마트 주파수 (Smart Frequency)(주파수 또는 기간 평균 측정값에 해당) - 시간 소인과 회귀 분석을 지속적으로 사용하여 0.2s와 100s 사이에서 측정 시간에 대한 해상도를 높입니다. <hr/> <p>타임아웃 (Timeout)은 타임아웃 기능을 활성화하거나 비활성화하며, 0 결과를 출력하기 전에 보류 중인 측정을 완료할 수 있도록 장비에서 대기하는 최대 시간을 설정합니다. 범위는 10ms부터 1000s까지입니다.</p> <hr/> <p>자동 트리거 저주파수 (Auto Trig Low Freq)는 자동 트리거링 및 전압 측정을 위해 1Hz-100kHz의 범위 내에서 주파수 하한을 설정합니다. 제한이 높아질수록 정착 시간과 측정이 빨라집니다.</p> <hr/> <p>입력 C 획득 (Input C Acq)(MCA3000 시리즈만 해당)은 다음을 설정합니다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 획득 (Acquisition) 모드를 자동 (Auto)(유효한 입력 신호에 대해 지정된 전체 주파수 범위 스캔) 또는 수동 (Manual)(유효한 입력 신호에 대해 지정된 중앙 주파수 주변의 좁은 대역 스캔)으로 설정합니다. 수동 (Manual) 모드는 버스트 신호를 측정할 경우 필요하지만 대략적인 주파수를 알고 있는 경우 FM 신호에도 권장됩니다. 수동 (Manual) 모드에서는 획득 프로세스를 건너뛰면 측정 결과가 더 빨리 나타나는 기능이 추가되었습니다. <p>신호 주파수가 수동 캡처 범위 밖에 있으면 잘못된 결과가 발생할 수도 있습니다. 이러한 문제가 발생하지 않도록 사용자의 주의를 끌기 위해 장비 화면의 오른쪽 상단에 M.A.C.Q 표시기가 표시됩니다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 주파수 C 중앙 (Freq C Center) 값. <hr/> <p>TIE(Time Interval Error)(FCA3100 시리즈만 해당)는 기준 주파수를 자동으로 선택하거나(자동 (Auto)), 주파수를 수동으로 입력하도록(수동 (Manual)) 장비를 설정합니다. TIE 측정에서는 시간 소인을 지속적으로 사용하여 연장된 기간 동안 명목상 안정된 신호에서 저속 위상 편이(유량)를 관찰합니다.</p>

연산/한계 (Math/Limit) 메뉴

연산/한계 (Math/Limit) 메뉴는 측정에 수학적 계산을 적용하고 장비에서 한계 테스트를 수행할 수 있도록 필요한 설정을 제공합니다.

표 3: 연산 (Math) 하위 메뉴

항목	설명
연산 (Math)	측정 결과에 적용할 5개의 공식 중 하나를 선택하거나, 연산 기능을 비활성화하기 위해 끄기 (Off)를 선택하려면 이 메뉴를 사용합니다. 사용 가능한 공식은 다음과 같습니다. $K * X + L$ $K / X + L$ $(K * X + L) / M$ $(K / X + L) / M$ $X / M - 1$ K, L 및 M은 값에 설정할 수 있는 상수입니다. X는 현재 측정되지 않은 측정 결과를 나타냅니다.
K, L, M	공식에서 값에 설정할 수 있는 상수입니다.

한계 (Limit) 하위 메뉴에서는 한계 테스트 조건과 한계 위반 동작을 설정할 수 있습니다. (66 페이지의 한계 테스트 참조)

표 4: 한계 (Limit) 하위 메뉴

항목	설명
한계 동작 (Limit Behavior)	한계 위반이 탐지될 때 장비에서 수행하는 작업을 설정하거나, 한계 테스트 모드를 비활성화합니다.
한계 모드 (Limit Mode)	한계 테스트 경계 유형(상한, 하한 또는 범위)을 설정합니다.
하한 (Lower Limit)	하한 경계 값을 설정합니다.
상한 (Upper Limit)	상한 경계 값을 설정합니다.

사용자 옵션 (User Opt) 메뉴

사용자 옵션 (User Opt) 메뉴를 사용하면 일반적인 장비 매개 변수를 설정할 수 있습니다.

표 5: 사용자 옵션 (User Opt) 메뉴

항목	설명
저장/호출 (Save/Recall)	<p>비휘발성 메모리에 최대 20개의 장비 구성 설정 또는 8개의 측정 데이터 집합을 저장하거나 호출합니다. 하위 메뉴 항목은 다음과 같습니다.</p> <p>설정 (Setup):</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 현재 설정 저장 (Save Current Setup): 지정된 메모리에 현재 장비 구성을 저장합니다. ■ 설정 호출 (Recall Setup): 선택한 메모리 슬롯에서 현재 장비 구성을 장비로 로드합니다. 초기 상태 기본값 설정을 장비로 로드하려면 기본값 설정을 사용합니다. ■ 레이블 수정 (Modify Labels): 각 메모리 슬롯과 연결된 7개의 레이블을 편집합니다. 레이블이 고유해야 사용자가 보다 쉽게 설정의 목적을 기억할 수 있습니다. ■ 설정 보호 (Setup Protect): 설정 보호 (Setup Protect)가 켜기 (ON)이면 첫 번째 10개의 메모리 위치에 대한 액세스가 금지됩니다. 끄기 (OFF)로 전환하면 설정 보호 (Setup Protect)는 10개의 모든 메모리 위치를 동시에 해제합니다. <p>데이터 집합 (Dataset): 단일 통계 측정값을 저장하거나 호출합니다(홀드 (Hold) 모드의 장비. 단일 측정값을 획득하려면 재시작 (Restart) 누름). 비휘발성 메모리에 최대 8개의 데이터 집합을 저장할 수 있습니다. 각 데이터 집합에는 최대 32000개의 샘플이 포함되어 있습니다. 보류 중인 측정에 32000개가 넘는 샘플이 있는 경우 최신 32000개의 샘플만 저장됩니다. 장비는 각 데이터 집합에 기본 레이블을 할당하며, 이 레이블은 편집할 수 있습니다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 저장 (Save): 선택한 메모리 위치에 현재 통계 측정값을 저장합니다. ■ 호출 (Recall): 선택한 데이터 집합을 로드하고 표시합니다. ■ 지우기 (Erase): 선택한 데이터 집합을 지웁니다. <p>전체 재설정 (Total Reset): 모든 초기 상태 설정을 복원하고 사용자 정보(설정 및 데이터 집합)를 모두 지웁니다.</p>
교정 (Calibrate)	<p>이 메뉴 항목은 초기 상태 교정 목적을 위해서만 액세스할 수 있으며 암호로 보호되어 있습니다.</p>

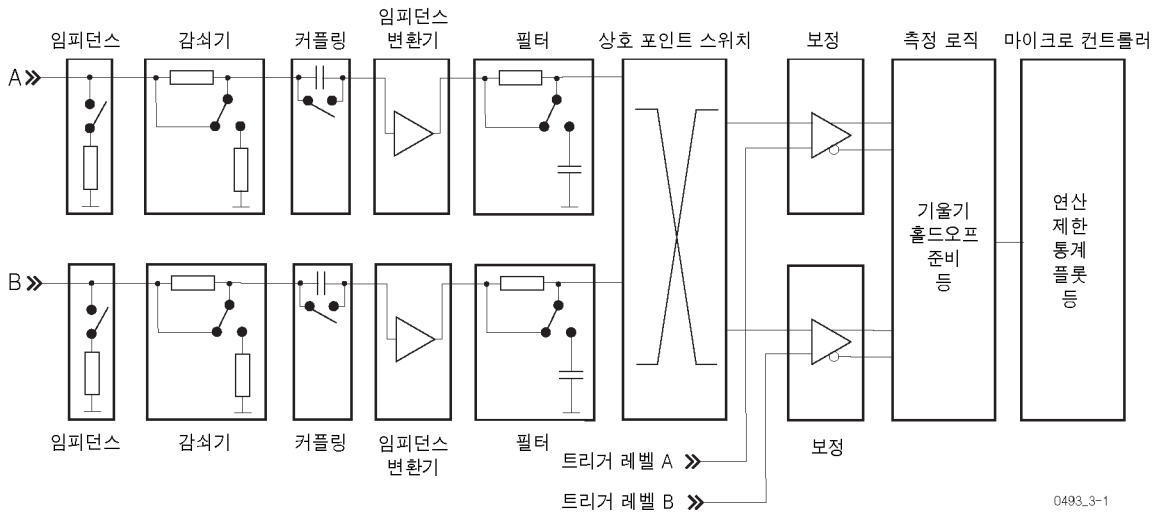
표 5: 사용자 옵션 (User Opt) 메뉴 (계속)

항목	설명
인터페이스 (Interface)	<p>활성 버스 인터페이스(GPIB 또는 USB)와 연결된 주소 정보를 설정합니다.</p> <p>버스 유형 (Bus Type): GPIB 또는 USB를 선택합니다.</p> <p>GPIB 모드 (GPIB Mode): 기본 (Native)(이 모드로 사용되는 SCPI 명령 집합은 이 장비 시리즈의 모든 기능 이용) 또는 호환 (Compatible)(이 모드로 사용되는 SCPI 명령 집합은 Agilent 53131/132/181과 호환)을 선택합니다.</p> <p>GPIB 주소 (GPIB Address): 이 장비에 대한 GPIB 장비 번호 (0-30)를 입력합니다.</p>
테스트 (Test)	<p>특정 전원 공급 시 진단을 선택하고 실행합니다.</p> <p>테스트 모드 (Test Mode): 개별 장비 자가 진단을 선택하거나 테스트를 모두 선택합니다.</p> <p>테스트 시작 (Start Test): 선택한 테스트를 실행합니다.</p>
자리 공백 (Digit Blanks)	<p>숨길 표시 자릿수를 설정합니다.</p> <p>하나 이상의 최하위 숫자를 마스킹함으로써 지터 측정 결과를 더욱 손쉽게 판독할 수 있습니다. 숫자를 변경하려면 위쪽 또는 아래쪽 화살표 키를 사용하십시오. 또는 키패드에서 원하는 숫자(0-13)를 입력하십시오. 화면에서 비어 있는 자리는 점선으로 표시됩니다.</p>
정보 (About)	<p>모델, 일련 번호, 장비 펌웨어 버전, 시간측 옵션과 교정 날짜 및 채널 C의 주파수 상한(채널 C 옵션이 포함된 장비의 경우)을 비롯한 장비 정보를 표시합니다.</p>

입력 신호 조건

장비는 입력 증폭기를 제공하여 주변의 매우 다양한 신호를 장비의 측정 로직에 적용합니다. 이러한 증폭기에는 여러 컨트롤이 있으며 이러한 컨트롤이 함께 작동하는 방식과 신호에 미치는 영향에 대해 이해하는 것이 중요합니다.

다음 블록 다이어그램은 입력 신호 흐름 경로를 보여 줍니다. 완벽한 기술 다이어그램은 아니지만 사용자가 컨트롤에 대해 이해할 수 있도록 만들어졌습니다.



입력 신호 컨트롤에 액세스하려면 **입력 A (Input A)** 또는 **입력 B (Input B)** 메뉴 버튼을 누릅니다.

입력 컨트롤

임피던스

입력 A (Input A) 또는 입력 B (Input B) 메뉴에서 입력 임피던스를 1MΩ 또는 50Ω으로 설정할 수 있습니다.



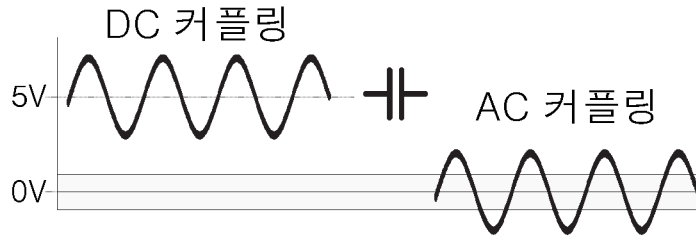
주의. 입력 전압이 12V_{RMS} 이상인 경우 임피던스를 50Ω으로 전환하면 입력 회로가 영구적으로 손상될 수도 있습니다.

감쇠

1x/10x로 표시된 메뉴 소프트웨어를 전환하여 입력 신호 진폭을 1 또는 10만큼 감쇠할 수 있습니다.

입력 신호가 동적 입력 전압 범위의 ±5V를 초과할 때마다 또는 감쇠로 인해 노이즈와 간섭의 영향이 줄어들 경우 감쇠를 사용합니다. (23페이지의 *노이즈와 간섭을 줄이거나 무시하는 방법* 참조)

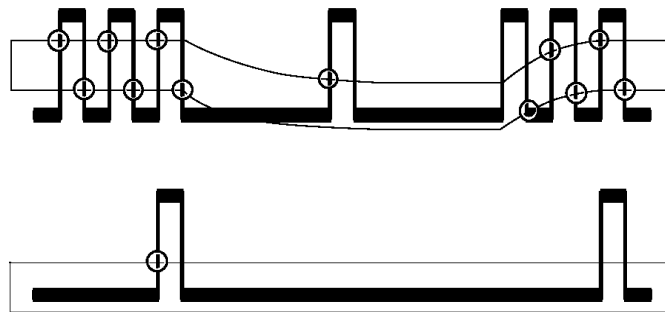
커플링 AC/DC 소프트키를 전환하여 AC 커플링과 DC 커플링 사이를 전환합니다.



0493_3-3

원치 않는 DC 신호 구성 요소를 제거하려면 AC 커플링 기능을 사용합니다. DC 전압에서 트리거 레벨 설정 범위보다 높은 AC 신호가 겹치는 경우 항상 AC 커플링을 사용하십시오. 예를 들어 사인 및 구형파/삼각 파형과 같은 비대칭 신호를 측정하는 경우 AC 커플링은 모든 DC 구성 요소를 필터링합니다. 즉, 0V의 트리거 레벨은 항상 신호 중간에서 트리거링이 가장 안정된 중앙에 위치합니다.

변화하는 듀티 사이클 또는 매우 낮거나 높은 듀티 사이클을 사용하는 신호의 경우 DC 커플링을 사용합니다. 다음 그림은 신호 진폭이 트리거 이력 현상 대역 밑으로 떨어지기 때문에 펄스가 누락되는 방식이나, 해당 트리거링이 전혀 발생하지 않음을 보여 줍니다.



신호 필터

안정된 판독값을 가져올 수 없으면 신호 대비 노이즈 비율(주로 S/N 또는 SNR로 지정됨)이 6-10dB보다 낮아질 수 있습니다. 특정 조건에서는 하이 패스, 대역 패스 또는 홈 필터와 같은 특수한 해결책을 필요로 하지만, 보통 원치 않는 노이즈 신호에는 사용자가 관심 있는 신호보다 높은 주파수가 있습니다. 이 경우 기본 제공되는 로우 패스 필터를 활용할 수 있습니다. 아날로그 및 디지털 필터 모두 해당되며, 함께 결합할 수 있습니다.



그림 1: 필터 선택 후 메뉴 선택 항목

아날로그 로우 패스 필터: 장비에는 아날로그 RC 로우 패스 필터가 있으며 각각 Input A와 Input B에 사용됩니다. 차단 주파수는 약 100kHz이며, 신호 제거는 1MHz에서 20dB입니다. 노이즈 구성 요소에 기본 신호보다 상당히 높은 주파수가 있는 경우 노이즈 저주파 신호(최대 200kHz)의 주파수를 정확히 측정할 수 있습니다.

디지털 로우 패스 필터: 디지털 LP 필터는 홀드오프 기능을 활용합니다. 트리거 홀드오프를 사용하면 입력 트리거 회로에 데드 시간을 삽입할 수 있습니다. 즉, 첫 번째 트리거 이벤트 이후 사전 설정 시간 동안 장비 입력은 입력 신호별 모든 입력 현상 대역 교차를 무시합니다.

홀드오프 시간을 신호 사이클 중 약 75%로 설정하면 입력 현상 대역을 통해 입력 신호가 반환되는 포인트에서 오류가 발생하는 트리거링이 금지됩니다. 신호가 그 다음 사이클의 트리거 포인트에 도달하면 설정된 홀드오프 시간이 경과되어 올바른 새 트리거가 시작됩니다.

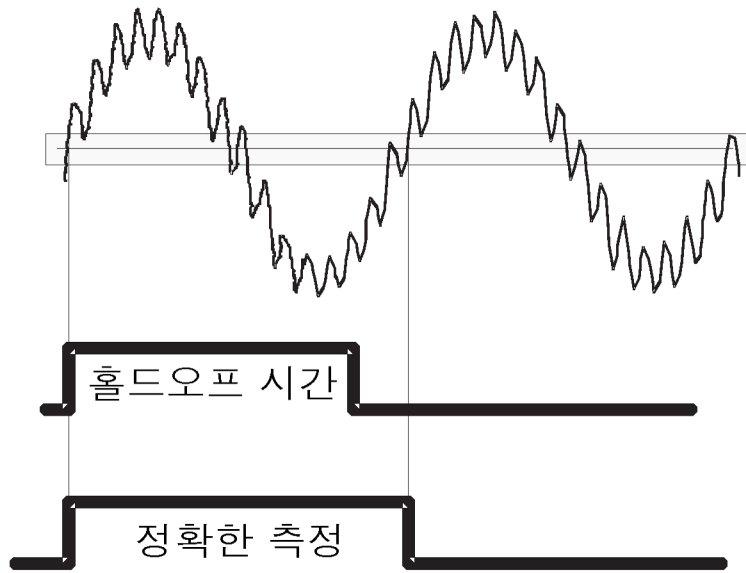
적합한 홀드오프 시간을 계산하는 대신 장비는 디지털 LP 주파수 (Digital LP Freq) 메뉴에 입력한 필터 차단 주파수를 동급 홀드오프 시간으로 변환하여 해당 작업을 수행합니다.



디지털 필터 기능을 효율적이고 명백하게 사용하는 데 필요한 몇 가지 제한 사항에 대해 알고 있어야 합니다. 먼저 측정할 주파수에 대해 대략적으로 알고 있어야 합니다. 차단 주파수가 너무 낮으면 완벽하게 안정적이지만 너무 낮은 판독값을 획득할 수도 있습니다. 이 경우 트리거링은 두 번째, 세 번째 또는 네 번째 사이클에서만 발생합니다. 차단 주파수가 너무 높아도(입력 주파수의 두 배 이상) 안정된 판독값이 발생합니다. 이 경우 각 절반 사이클에 대해 노이즈 펄스가 한 개로 계산됩니다.

차단 주파수 설정 범위는 1Hz부터 50MHz까지 매우 광범위합니다.

입력 신호의 주파수와 파형에 대해 의문 사항이 있는 경우 오실로스코프를 사용하여 확인합니다.



0493_3-8

그림 2: 디지털 LP 필터는 입력 증폭기가 아니라 측정 로직에서 작동합니다.

트리거 모드(수동/자동)

이 메뉴 항목은 트리거 모드를 설정합니다. **자동 (Auto)**이 활성 상태이면 장비는 입력 신호의 피크-피크 레벨을 자동으로 측정하고 트리거 레벨을 해당 값의 50%로 설정합니다. 감쇠도 자동으로 설정됩니다.

상승/하강 시간 측정의 경우 장비는 트리거 레벨을 측정된 피크 값의 10%와 90%로 각각 설정합니다.

수동 (Manual)이 활성 상태이면 트리거 레벨은 **트리거 (Trig)** 메뉴에서 설정됩니다. 현재 트리거 값은 트리거 (Trig) 메뉴 항목 아래 표시됩니다.

측정 속도 향상: 자동 트리거 기능은 진폭을 측정하고 트리거 레벨을 신속하게 계산합니다. 하지만 자동 트리거링 혜택을 받지 않고 측정 속도를 더 높이려면 **자동 트리거 저주파수 (Auto Trig Low Freq)** 기능을 사용하여 전압 측정에 대한 주파수 하한을 설정합니다. 이 메뉴는 **설정 > 기타 > 자동 트리거 저주파수 (Settings > Misc > Auto Trig Low Freq)**에 있습니다.

관심 있는 신호의 주파수가 항상 특정 값 f_{low} 보다 높은 경우에는 값 입력 메뉴에서 이 값을 입력할 수 있습니다. f_{low} 의 범위는 1Hz부터 100kHz까지이며 기본값은 100Hz입니다. 좀 더 신속한 트리거 레벨 전압 탐지로 인해 값이 커질수록 측정 속도가 빨라집니다.

주석노트. 한 개의 입력에 자동 트리거를 사용하고, 다른 입력에 수동 트리거 레벨을 사용할 수 있습니다.

수동 트리거(트리거)

트리거 (Trig) 메뉴를 사용하면 특정 트리거 값을 입력할 수 있습니다. 트리거 레벨 값을 증분하거나 감소시키려면 화살표 버튼을 사용하고, 특정 값을 입력하려면 키패드를 사용합니다. 더 빠른 응답을 위해 화살표 버튼을 누른 상태를 유지하십시오.

수동 트리거 레벨을 설정하면 측정 사이클 속도가 빨라집니다. 수동 트리거의 경우 장비에서 트리거 레벨을 탐지하고 계산하지 않아도 됩니다.

주석노트. 트리거 레벨을 수동으로 입력할 경우 장비는 트리거 모드를 자동에서 수동으로 전환합니다.

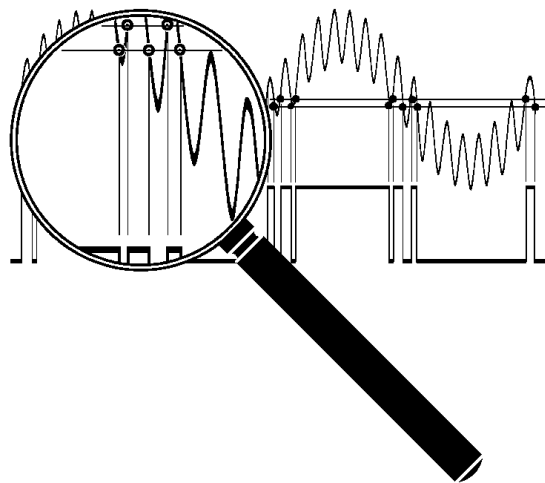
주석노트. 안정적이지 않은 레벨의 신호를 측정하려는 경우 수동 트리거를 사용하면 안 됩니다.

자동 트리거 레벨을 수동으로 변환: 자동 (Auto) 트리거 모드에서 수동 (Manual) 트리거 모드로 전환하여 계산된 자동 트리거 레벨을 고정된 수동 트리거 레벨로 변환할 수 있습니다. 현재 계산된 자동 트리거 레벨(트리거 (Trig) 메뉴 항목 아래에 표시됨)이 새로 고정된 수동 레벨이 됩니다. 장비가 각 측정별로 트리거 레벨을 계산하지 않으므로 후속 측정 속도는 상당히 빨라집니다.

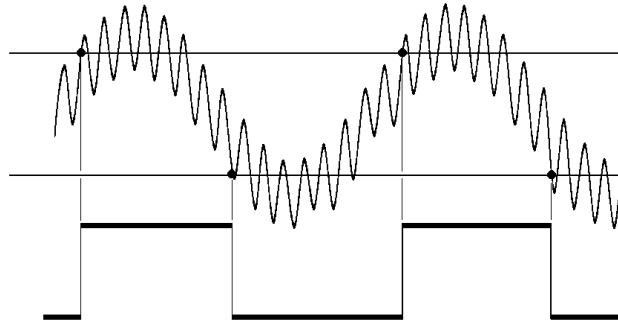
주석노트. 한 개의 입력에 자동 트리거를 사용하고, 다른 입력에 수동 트리거 레벨을 사용할 수 있습니다.

노이즈와 간섭을 줄이거나 무시하는 방법

장비 입력 회로는 노이즈에 민감합니다. 입력 신호 진폭과 노이즈 특성을 장비의 입력 감도(트리거 레벨)에 일치시키면 노이즈와 간섭으로 인한 잘못된 카운트 위험이 줄어듭니다. 예를 들어 다음 그림에서와 같이 이력 현상이 좁은 잘못된 트리거 레벨로 인해 변수 레벨 신호에서 카운트가 잘못될 수 있습니다.



트리거 이력 현상이 넓어지면 변수 레벨 및 노이즈 신호에서 트리거링과 측정이 정확해집니다.



노이즈 효과를 줄이거나 없애고 측정 결과를 향상시키려면 다음 기능을 사용합니다.

- 10x 입력 감쇠기
- 지속적으로 변하는 트리거 레벨(자동 트리거)
- 일부 기능에 대해 지속적으로 변하는 이력 현상
- 아날로그 로우 패스 노이즈 억제 필터
- 디지털 로우 패스 필터(트리거 홀드오프)

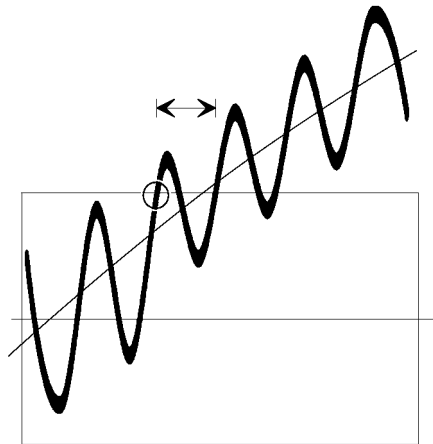
위의 여러 기술을 동시에 사용하여 노이즈가 심한 신호에 대해 안정적으로 측정 작업을 수행할 수 있습니다.

입력 진폭과 트리거 레벨을 최적화하고 감쇠기와 트리거 제어를 사용하는 작업은 입력 주파수와는 상관 없으며 전체 주파수 범위에 걸쳐 유용합니다. 반면, LP 필터는 제한된 주파수 범위에 걸쳐 선별적으로 작동합니다.

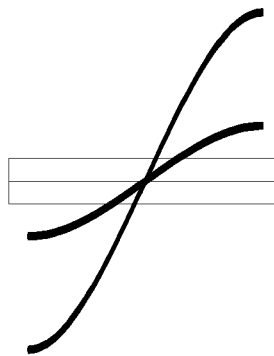
트리거 이력 현상

트리거링이 발생하려면 신호가 20mV 입력 이력 현상 대역을 교차시켜야 합니다. 이 최소 트리거 이력 현상은 입력 회로가 자동 발진하지 않도록 하여 노이즈에 대한 감도를 줄입니다. 트리거 이력 현상에 대한 다른 이름은 트리거 감도 및 노이즈 차단입니다.

신호에서 노이즈 레벨이 낮으면 노이즈가 잘못된 카운트를 유발하지 않더라도 신호를 앞으로 보내거나 지연시켜 트리거 포인트에 영향을 미칠 수도 있습니다. LF 신호에 대한 신호 회전율(V/s 단위)이 낮으므로 트리거의 이러한 불확실성은 저주파 신호를 측정할 경우 특히 중요합니다.



트리거 불확실성을 줄이려면 신호가 가능한 한 빠르게 이력 현상 대역을 교차해야 합니다(높은 회전율). 진폭이 높은 신호는 진폭이 낮은 신호보다 더 빠르게 트리거 이력 현상 대역을 통과합니다. 트리거 불확실성이 중요한 저주파수 측정의 경우 신호를 너무 많이 감쇠하지 말고 장비 감도 레벨을 높게 설정하십시오.



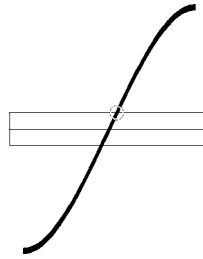
트리거 오류로 인해 발생한 잘못된 카운트는 좀 더 자주 발생합니다. 가상 신호로 인해 발생하는 잘못된 카운팅을 방지하려면 입력 신호 진폭을 줄이십시오. 임피던스가 높은 회로에서 측정할 경우 및 1MΩ 입력 임피던스를 사용할 경우 특히 적용됩니다. 이러한 조건으로 케이블은 쉽게 노이즈를 선택합니다.

외부 감쇠 및 내부 10x 감쇠기는 노이즈를 비롯한 신호 진폭을 줄입니다. 반면 장비의 내부 감도 컨트롤은 노이즈에 대한 감도를 비롯한 장비 감도를 줄입니다. 과도한 신호 진폭을 줄이려면 내장된 10x 감쇠기, 외부 동축 감쇠기 또는 10x 프로브를 사용합니다.

트리거 레벨 설정을 사용하는 방법

주파수 측정 대부분의 경우 신호 특성에 따라 중간 진폭에서 평균 트리거 레벨 위치를 지정하고, 좁거나 넓은 이력 현상 대역을 사용하여 트리거링이 최적화됩니다.

노이즈가 낮은 LF 사인과 신호를 측정할 경우 고감도(좁은 이력 현상 대역)를 사용하여 트리거 불확실성을 줄입니다. 신호 기울기는 사인과 중심에서 가장 심하므로 신호 중간에 있거나 가까이에 있는 트리거링으로 인해 가장 작은 트리거(시간) 오류가 발생합니다.



노이즈 신호로 인한 잘못된 카운트를 방지해야 할 경우 입력 신호 중간에서 이력 현상 윈도우가 중앙에 오도록 할 때 해당 윈도우를 확장하는 것이 가장 좋습니다. 이력 현상 대역을 벗어나는 신호 초과 진폭은 같아야 합니다.

자동 트리거: 준비 작업을 수행하지 않는 정상 주파수 측정의 경우 자동 트리거 기능은 자동(광범위) 이력 현상으로 변경됩니다. 이를 통해 이력 현상 윈도우가 피크-피크 진폭의 70%와 30% 사이로 확장됩니다. 이 작업은 신호의 최소 및 최대 트리거 레벨(트리거링이 방금 정지된 레벨)을 확인하는 연속된 근사치 방법을 사용하여 수행됩니다. 그리고 나면 장비는 이력 현상 레벨을 계산된 값으로 설정합니다. 기본 상대 이력 현상 레벨은 입력 A (Input A)에서 70%, 입력 B (Input B)에서 30%로 나타납니다. 이 값은 입력 A (Input A)에서는 50%~100%, 입력 B (Input B)에서는 0%~50%로 수동 조정할 수 있습니다. 하지만 신호는 한 개의 채널에만 적용됩니다.

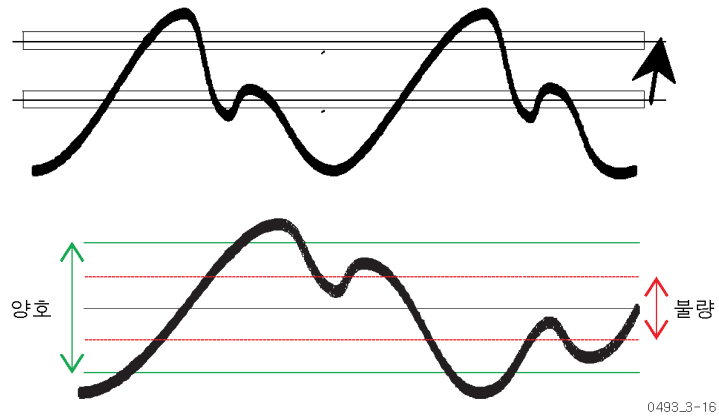
장비는 각 주파수 측정이 새 트리거와 이력 현상 값을 식별할 수 있도록 일반적으로 신호 트리거 레벨 탐지 프로세스를 반복합니다. 따라서 자동 트리거링을 활성화하는 데 필요한 사전 요구 사항은 입력 신호가 반복적이어야 한다는 것입니다. 다른 조건으로는 측정이 시작된 후에도 신호 진폭이 많이 바뀌지 않는다는 것입니다.

또한 자동 테스트 시스템은 초당 여러 번의 측정을 수행하면 최대 측정 속도를 줄입니다. 측정 속도를 높이려면 자동 설정 (Auto Set) 버튼을 한 번 눌러 자동 레벨 모드로 계산한 값을 기반으로 트리거 레벨을 수동으로 설정합니다.

수동 트리거: 수동 트리거 (Man Trig)로 전환하는 작업은 마지막 자동 레벨에서 좁은 이력 현상을 나타내기도 합니다. **자동 설정 (Auto Set)**을 한 번 누르면 단일 자동 트리거 레벨 계산(한 번 자동 (Auto Once))이 시작됩니다. 이렇게 계산된 값은 피크-피크 진폭의 50%로 새 고정 트리거 레벨입니다. 이 레벨에서 필요한 경우 수동 조정을 수행할 수 있습니다.

고조파 왜곡: 안정된 관독값은 노이즈와 간섭으로부터 방해받지 않으며, 이는 첫 번째 규칙입니다. 하지만 안정된 관독값이 반드시 정확할 필요는 없습니다. 고조파 왜곡으로 인해 잘못되었지만 안정된 관독값이 발생할 수 있습니다.

다음 그래프에 있는 신호와 같이 고조파 왜곡이 포함된 파형 신호는 올바른 트리거 레벨을 설정하거나(수동 모드) 지속적으로 변하는 감도를 사용하여(자동 모드) 측정할 수 있습니다. 트리거 홀드오프 (Trigger Hold-Off)를 사용하여 신호에서 지정된 포인트에 트리거 포인트 위치를 지정하거나 결과를 개선할 수도 있습니다.



주파수 측정

측정 이론

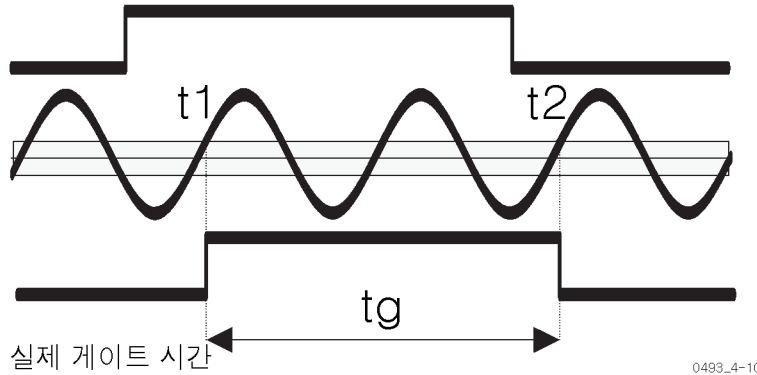
역수 카운팅

FCA3000, FCA3100 및 MCA3000 시리즈 장비는 측정 시작을 입력 신호와 동기화하는 고해상도 역수 카운팅 기법을 사용합니다. 이 기법 덕분에 정수 입력 사이클 수를 정확하게 카운트할 수 있습니다.

역수 카운팅은 사전 설정되어 동기화되지 않은 게이트 시간 동안 입력 사이클 수를 카운트하는 단순 주파수 계수기를 통해 상당히 개선되었습니다. 단순히 게이트된 카운팅은 특히 저주파수 측정의 경우 ± 1 의 입력 사이클 수 오류를 발생시킬 수 있습니다.

설정된 측정 시간이 시작되고 나면 장비는 실제 게이트 시간의 시작을 입력 신호의 첫 번째 트리거 이벤트(t_1)와 동기화합니다.

측정 시간 설정



같은 방법으로 설정된 측정 시간이 경과되고 나면 장비는 실제 게이트 시간의 정지를 입력 신호와 동기화합니다. 다중 등록 카운팅 기법을 사용하면 실제 게이트 시간(t_g)과 이 게이트 시간 중 발생한 사이클 수(n)를 동시에 측정할 수 있습니다.

그런 다음 장비는 다음에 따라 주파수를 계산합니다.

$$f = \frac{n}{t_g}$$

장비는 100ps의 해상도로 게이트 시간인 t_g 를 계산하며 이 값은 측정된 주파수와는 상관없습니다. 따라서 프리스케일러를 사용해도 양자화 오류에는 영향을 미치지 않습니다. 그러므로 상대 양자화 오류는 $100\text{ps}/t_g$ 입니다.

1초 측정 시간의 경우 이 값은 다음과 같습니다.

$$\frac{100\text{ps}}{1\text{s}} = 100 \times 10^{-12} = 1 \times 10^{-10}$$

매우 낮은 주파수를 제외하고 t_g 와 설정된 측정 시간은 거의 동일합니다.

샘플 홀드

입력 신호가 측정 중 사라지면 장비는 샘플 및 홀드 기능을 사용하여 전압계와 같이 작동하며 이전 측정 결과를 일시정지시킵니다.

타임아웃

주로 GPIB 사용을 위해 **설정 > 기타 > 타임아웃 (Settings > Misc > Timeout)**을 눌러 이동한 메뉴에서 고정된 타임아웃을 수동으로 선택할 수 있습니다. 고정 타임아웃의 범위는 10ms부터 1000s까지이며, 기본 설정은 **끄기 (Off)**입니다.

측정할 가장 낮은 주파수의 사이클보다 긴 시간을 선택합니다. 즉, 입력 채널의 프리스케일링 계수에 시간을 곱한 다음 해당 시간을 타임아웃으로 입력합니다.

타임아웃 중 트리거링이 발생하지 않은 경우 장비에는 아무 신호도 표시되지 않습니다.

측정 속도

설정된 측정 시간에서는 기간 평균 및 주파수 측정에 대한 측정 속도를 확인합니다. 신호가 지속되는 경우 속도는 다음과 같습니다.

$$Speed \approx \frac{1}{t_g + 0.2} \text{ readings/s}$$

자동 (Auto) 트리거가 켜져 있으며 증가할 수 있는 경우 속도는 다음과 같습니다.

$$Speed \approx \frac{1}{t_g + 0.001} \text{ readings/s}$$

수동 (Manual) 트리거가 켜져 있거나 GPIB를 사용하는 경우 속도는 다음과 같습니다.

$$Speed \approx \frac{1}{t_g + 0.00012} \text{ readings/s}$$

평균 및 단일 사이클 측정: 실제 게이트 시간 또는 측정 균열을 줄이기 위해 카운터의 측정 시간이 매우 짧고, 주기 측정을 위해 카운터에 **단일 (Single)**이라는 모드가 있습니다. 후자는 장비가 입력 신호의 한 사이클에서만 측정함을 의미합니다. 장비가 프리스케일러가 포함된 입력 채널을 사용하는 애플리케이션에서는 **단일** 측정이 구간 계수와 같은 사이클만큼 지속됩니다. 매우 작은 균열로 측정하려면 낮은 구간 계수로 입력을 사용합니다.

평균화는 최대 해상도에 도달할 때 주파수와 주기 측정을 위한 일반 모드입니다. 하지만 시간과 정확도 사이에는 조건이 있습니다. 그러므로 필요로 하고 사용할 숫자를 확인하여 사용자의 목표에 도달할 수 있도록 측정 시간을 단축하십시오.

프리스케일링이 측정 시간에 영향을 미침(FCA3003, FCA3020, FCA3103, FCA3120): 짧은 버스트에 캐리어 파형 주기의 최소값이 포함되어 있어야 하므로 프리스케일러는 최소 측정 시간에 영향을 미칩니다. 이 숫자는 프리스케일링 계수에 따라 달라집니다.

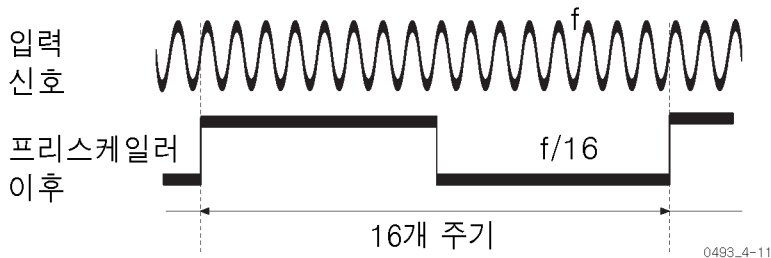


그림 3: 16분 주기 프리스케일러.

이 그림은 3GHz 프리스케일러가 미치는 영향을 보여 줍니다. 16 입력 사이클의 경우 프리스케일러는 한 개의 구형파 출력 사이클을 제공합니다. 장비가 프리스케일러를 사용할 경우 장비는 프리스케일된 출력 사이클 수를 카운트합니다(예: $f/16$). 장비는 다음과 같이 구간 계수 d 의 효과를 보정하므로 디스플레이에는 올바른 입력 주파수가 표시됩니다.

$$f = \frac{n \times d}{t_g}$$

프리스케일러는 역수 카운터에서 해상도를 줄이지 않습니다. 상대 양자화 오류는 계속 존재합니다.

$$\frac{100 \text{ ps}}{t_g}$$

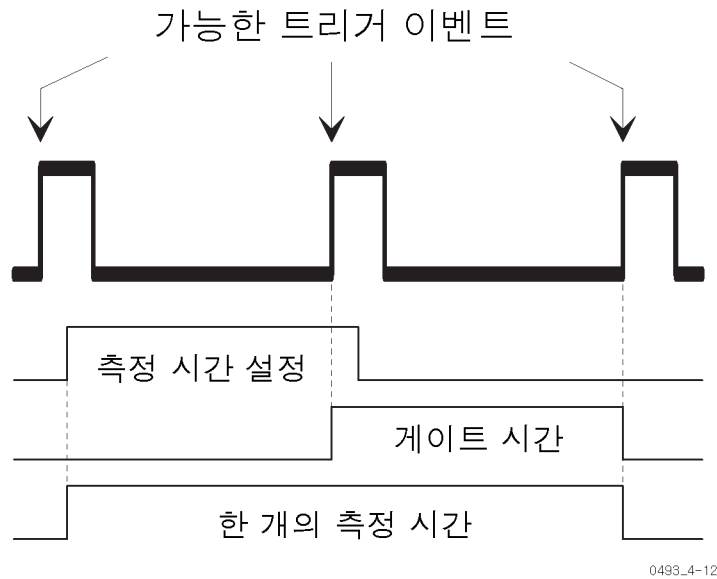
다음 표에서 여러 측정 모드에서 사용되는 프리스케일링 계수를 찾아 보십시오.

표 6: 측정 프리스케일링 계수

함수	프리스케일링 계수
주파수 A/B(300MHz)	2
버스트 A/B(<160MHz)	1
버스트 A/B(>160MHz)	2
주기 A/B AVG(400MHz)	2
주기 A/B SGL(300MHz)	1
주파수 C(3GHz)	16
주파수 C(20GHz)	128

LF 신호: 기본 설정(100Hz)이 변경되지 않는 한 100Hz 미만의 신호는 수동 트리거링을 통해 측정해야 합니다. 하한을 1Hz로 설정할 수 있지만 주파수가 매우 낮은 자동 트리거링이 사용되면 측정 프로세스가 상당히 느려질 수 있습니다.

반복 속도가 낮은 펄스를 측정할 경우(예: 기간 Sgl과 같이 프리스케일되지 않은 측정을 사용한 0.1Hz) 측정에는 최소 한 개의 사이클 기간(10초)과 최대 약 20초가 필요합니다. 최악의 경우는 다음 그림에서와 같이 트리거 이벤트가 측정을 시작하기 바로 전에 발생한 것입니다. 신호가 같은 주파수 측정의 경우 시간이 두 배로 걸립니다. 이 기능은 2의 계수로 프리스케일링하는 것과 관련되기 때문입니다. 이 예제에서 짧은 측정 시간을 입력하더라도 장비에서 측정을 수행하려면 20~40초가 필요합니다.



RF 신호(FCA3003, FCA3020, FCA3103, FCA3120): C 입력 프리스케일러는 계산하기 전에 입력 주파수를 일반 디지털 카운팅 로직으로 나눕니다. 구간 계수는 프리스케일러 계수라고 하며 프리스케일러 유형에 따라 다양한 값을 사용할 수 있습니다. 3GHz 프리스케일러는 프리스케일링 계수가 16인 경우에 대해 설계되었습니다. 즉, Input C 주파수가 1.024GHz인 경우 64MHz로 변환됩니다.

프리스케일러는 안정된 연속 RF를 측정할 때 최적의 성능을 위해 설계되었습니다. 대부분의 프리스케일러는 본질적으로 안정적이지 않으며 입력 신호 없이 자체로 발진합니다. 프리스케일러가 발진되지 않도록 "이동 감지기"가 통합되었습니다. 이동 감지기는 입력 신호 레벨을 지속적으로 측정하고 신호가 없거나 신호가 너무 약하게 나타나는 경우 프리스케일러 출력을 차단합니다.

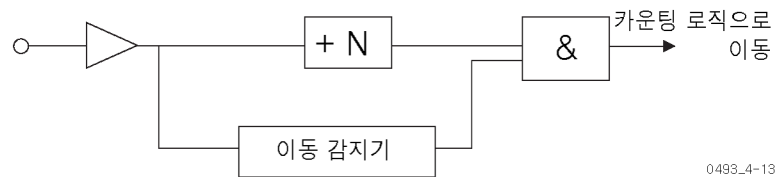


그림 4: 프리스케일러의 이동 감지기.

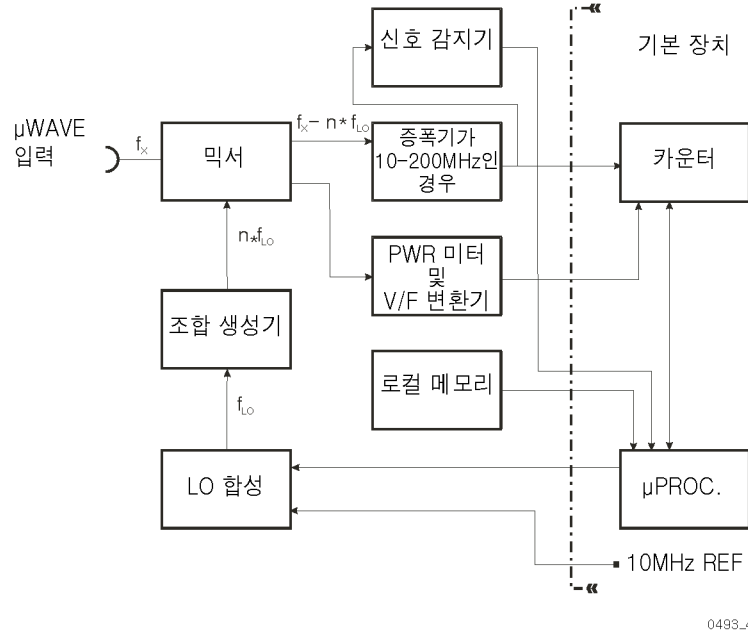
측정할 버스트 신호가 있다는 것은 신호 자체에 대한 특정 요구가 있음을 나타냅니다. 매우 짧은 측정 시간동안 장비가 측정할 수 있는 기능과 상관없이 버스트 기간은 다음 최소 조건을 충족해야 합니다.

$$Burst_{min} > (presc.factor) \times (inp.cycle\ time) \times 3$$

일반적으로 실제 최소 한계는 이동 감지기의 속도와 같이 다른 계수에 의해 설정됩니다. 이 속도는 사용되는 특정 입력 옵션에 따라 다릅니다.

마이크로웨이브 측정 (FCA3020, FCA3120, MCA3027 및 MCA3040): 20GHz 프리스케일러가 포함된 FCA3020 및 FCA3120 장비에서는 최대 20GHz의 주파수를 측정할 수 있습니다.

MCA3027 및 MCA3040에서는 다운 컨버터를 사용하여 각각 최대 27GHz 및 40GHz의 주파수를 측정할 수 있습니다. 다운 컨버터는 IF 증폭기의 패스밴드 (이 경우 10 - 200MHz) 내 신호가 나타날 때까지 알 수 없는 입력 신호를 알려진 로컬 발진기(LO) 주파수와 혼합합니다. (그림5 참조)



0493_4-14

그림 5: MCA3000 시리즈에서의 마이크로웨이브 획득.

기본 LO 주파수 범위는 430 - 550MHz이며, 조회 테이블에서 가져온 여러 개의 서로 다른 주파수로 나뉩니다. LO 출력은 지정된 전체 마이크로웨이브 범위를 포함하는 고조파 스펙트럼을 만드는 조합 생성기로 가져옵니다.

입력 주파수를 계산하는 자동 프로세스는 다음 단계로 구성되어 있습니다.

- 사전 획득:** 이 프로세스에서는 입력 시 측정 가능한 신호가 있는지 탐지하고 특정 한계값 레벨을 벗어난 IF 신호를 제공하는 LO 주파수를 확인합니다. 이 작업은 조회 테이블에서 가장 높은 값부터 가장 낮은 값까지 LO 단계를 순차적으로 수행하고 결과로 발생하는 조합 생성기 스펙트럼을 믹서에 적용하여 수행됩니다. 신호 감지기가 프로세서로 상태 신호를 출력할 경우 이 프로세스가 정지됩니다.
- 획득:** 이 프로세스에서는 IF 신호를 생성하기 위해 필요한 고조파를 확인합니다. 장비는 IF를 측정하고, LO 주파수를 1MHz까지 줄인 다음 IF를 다시 측정합니다. 값과 두 측정값 사이의 차이를 검사하여 장비는 마지막 값을 구하기 위해 원래 IF를 더해야 하는지 또는 계산된 고조파에서 빼야 하는지 결정할 수 있습니다. 예를 들어 두 값 사이의 차이가 5MHz인 경우 장비는 다섯 번째 고조파가 원래 값을 파악합니다.
- 최종 RF 계산:** 장비는 LO 주파수, 곱셈 계수 n 및 기호에 대해 알고 있습니다. 장비는 측정 시간동안 원하는 해상도에 맞는 IF를 카운트하고 그 결과를 사용하여 다음과 같이 표시할 마지막 값을 계산합니다.

$$f_x = n \times f_{LO} \pm IF$$

획득 프로세스를 복잡하게 할 수 있는 여러 가지 조건이 있습니다. 이러한 조건은 모두 장비 펌웨어에서 수행하는 조치에 의해 처리됩니다. 예를 들면 다음과 같습니다.

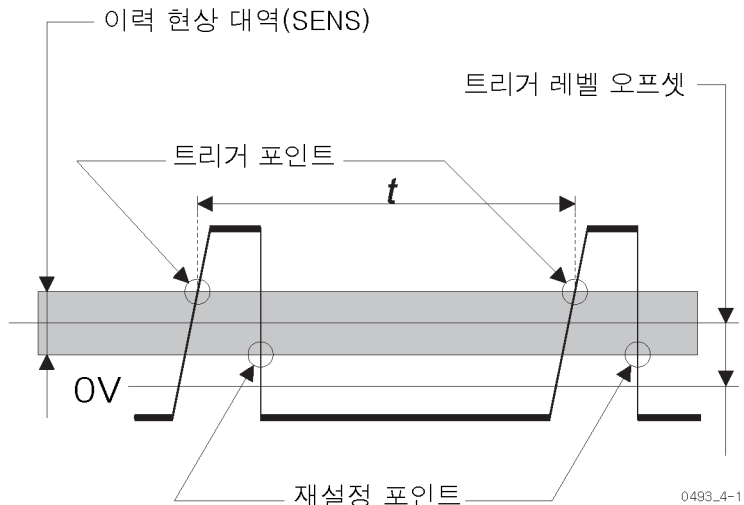
- 단계 주파수 중 하나에서 IF를 생성하지만 이동한 값은 생성하지 않습니다. 장비는 그 다음 테이블 값으로 이동합니다.
- 주파수 변조로 인해 안정적이지 않은 'n' 값 계산이 발생합니다. 장비는 측정 시간을 늘립니다.

전원 측정: MCA3027 및 MCA3040 장치는 입력 C 다운 컨버터의 모든 범위에서 마이크로웨이브 신호 전원을 측정할 수 있습니다. 다운 컨버터에 저장된 주파수 관련 전원 측정 보정 데이터는 측정 판독값을 개선하는 데 도움이 됩니다.

입력 A, B (Input A, B)

메뉴 경로: 측정 > 주파수 (Meas > Freq).

주파수는 한 개의 트리거 포인트와 이력 현상 대역 내에 있는 그 다음 트리거 포인트 사이의 시간에 대한 역으로 측정됩니다. 장비는 자동 트리거 모드에서 입력 A와 입력 B의 주파수를 0.00Hz에서 300MHz 사이로 측정합니다(수동 트리거 모드에서는 0.001Hz에서 400MHz 사이).



100Hz가 넘는 주파수는 기본값 설정을 사용하면 가장 잘 측정됩니다. (81페이지의 기본 장비 설정 참조) 그러면 주파수 A (Freq A)가 자동으로 선택됩니다. 다른 중요한 자동 설정으로는 AC 커플링 (AC Coupling), 자동 트리거 (Auto Trig) 및 측정 시간 200ms (Meas Time 200 ms)가 있습니다. 기본 설정은 주파수 측정의 시작 지점을 제공합니다.

다음은 최적의 주파수 측정을 위해 사용할 설정 목록입니다.

- AC 커플링 (AC Coupling) - 가능한 DC 오프셋은 일반적으로 바람직하지 않습니다.
- 자동 트리거 (Auto Trig) - AGC와 비교하여 정상적으로 좁은 이력 현상 원도를 초과하여 겹쳐진 노이즈가 억제되므로 이 경우 자동 이력 현상입니다.
- 측정 시간 200ms (Meas Time 200 ms) - 측정 속도와 해상도 사이의 합리적인 조건이 됩니다.

기본값 설정을 호출하여 위에서 설정한 사항 중 일부는 **자동 설정 (Auto Set)** 버튼을 활성화하여 설정할 수도 있습니다. 버튼을 한 번 누르는 것은 다음을 의미합니다.

- 자동 트리거 (Auto Trig). 이 설정은 이전에 수동 트리거 (Man Trig)를 선택한 경우에만 설정됩니다.

2초 이내에 **자동 설정 (Auto Set)**을 두 번 눌러도 측정 시간이 200ms로 설정됩니다.

입력 C (Input C)

FCA3X00 시리즈 장비

적용 가능한 FCA3X00 시리즈 장비에서 Input C 프리스케일러를 사용하면 최대 20GHz까지 측정할 수 있습니다. 입력 C (Input C) 프리스케일러는 완전히 자동화되었으므로 설정이 필요하지 않습니다.

MCA3000 시리즈 장비

MCA3000 시리즈 장비는 자동 다운 변환 기술에 의해 최대 27GHz 또는 40GHz 까지 RF 주파수를 측정합니다. (32 페이지의 *마이크로웨이브 측정(FCA3020, FCA3120, MCA3027 및 MCA3040)* 참조) 대략적인 측정 주파수를 알고 있는 경우에는 고속(수동) 획득도 가능합니다. 획득 프로세스의 시작 지점으로 주파수를 입력하십시오.

추가 기능으로는 해상도가 높은 신호 전원 측정이 있습니다.

비율 A/B, B/A, C/A, C/B

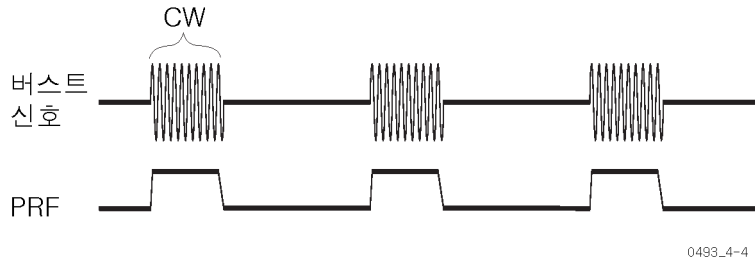
메뉴 경로: **측정 > 주파수 비율 (Meas > Freq Ratio)**.

2개의 입력 주파수 사이의 비율을 확인하기 위해 장비는 2개의 채널에서 동시에 사이클을 카운트하고 기본 채널에서의 결과를 보조 채널에서의 결과로 나눕니다. 비율은 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B) 사이에서 측정할 수 있습니다. 여기서 채널은 기본 채널이거나 보조 채널일 수 있습니다. 비율은 입력 C (Input C)와 입력 A (Input A) 사이 또는 입력 C (Input C)와 입력 B (Input B) 사이에서 측정할 수도 있습니다. 여기서 입력 C (Input C)는 기본 채널입니다.

버스트 A, B, C

메뉴 경로: **측정 > 주파수 버스트 (Meas > Freq Burst)**.

버스트 신호에는 CW(캐리어 파형) 주파수가 있으며, CW 신호 켜기와 끄기를 전환하여 PRF(펄스 반복 빈도)라고도 하는 변조 주파수가 있습니다.



CW 주파수, PRF와 버스트의 사이클 수 모두 외부 준비 신호를 사용하지 않고 측정되며, 선택할 수 있는 시작 준비 지연 유무는 상관없이 측정됩니다. (69페이지의 *준비* 참조)

해당 측정 채널에 대한 일반적인 주파수 제한은 버스트 측정에도 적용됩니다. Input A 또는 Input B에서 버스트의 최소 사이클 수는 160MHz 미만에서는 3이고, 160MHz와 400MHz 사이에서는 6입니다. Input C에서 버스트 측정은 프리스케일링과 관련되어 있으므로 최소 사이클 수는 3 x 프리스케일링 계수입니다. 예를 들어 3GHz 모델의 프리스케일링 계수가 16이므로 각 버스트에 48개 이상의 사이클이 필요합니다.

최소 버스트 기간은 160MHz 미만에서 40ns, 160MHz 초과 시 80ns입니다.

버스트 및 트리거링

50Hz 초과 시 PRF를 사용하는 버스트는 자동 트리거링을 켜짐으로 설정하여 측정할 수 있습니다.

동기화되지 않는 오류는 자동 트리거를 사용할 때 더 자주 발생할 수 있습니다. (38페이지의 *가능한 버스트 측정 오류* 참조)

PRF가 50Hz 미만이고 버스트 간 차이가 매우 작을 경우에는 수동 트리거링을 사용합니다.

항상 먼저 **자동 설정 (Auto Set)**을 사용해 보십시오. 자동 트리거 (Auto Trigger)와 자동 동기화 (Auto Sync) 기능을 결합하면 대부분의 경우 만족스러운 결과를 얻을 수 있습니다. 경우에 따라 **입력 A/B (Input A/B)** 메뉴에서 **자동 (Auto)**을 **수동 (Manual)**으로 전환하면 더 안정된 관독값을 생성할 수 있습니다.

입력 C (Input C)에는 항상 자동 트리거링 기능이 있으며 **자동 설정 (Auto Set)**은 버스트 동기화에만 영향을 미칩니다.

수동 사전 설정을 사용하여 버스트 측정

정확한 버스트 부분을 측정하려면 값을 세 번, 즉 측정 시간 (Measure Time), 동기화 지연 (Sync Delay) 및 준비 시작 지연 (Arm Start Delay)을 설정해야 합니다.

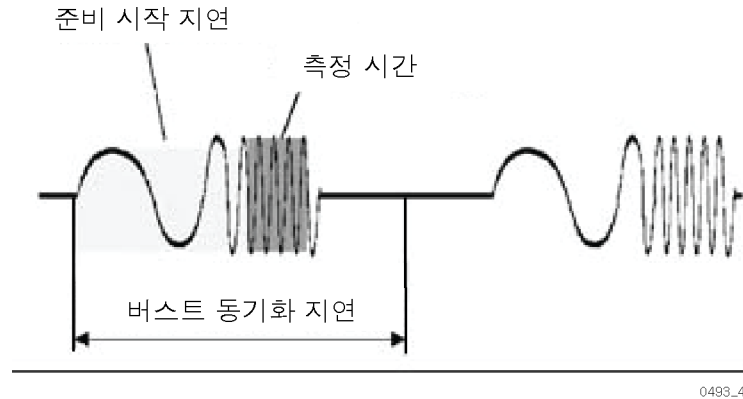
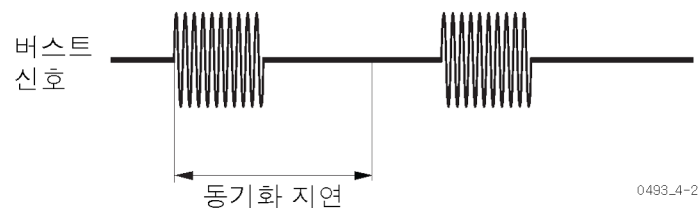


그림 6: 정확한 버스트 부분을 측정하기 위해 값을 세 번 설정해야 함

내부에서 동기화된 버스트 기능은 자동 트리거 모드에서 입력 A와 입력 B의 주파수를 0.001Hz에서 300MHz 사이로 측정하며(수동 트리거 모드에서는 0.001Hz에서 400MHz 사이), 사양이 제한된 입력 C에서는 프리스케일러 주파수 상한까지 측정할 수 있습니다. 수동 설정을 사용하여 버스트 측정을 하려면:

1. 측정 > 주파수 > 주파수 버스트 (Meas > Freq > Freq Burst)를 누릅니다.
2. 입력 소스 A, B 또는 C를 선택합니다.
3. 설정 > 버스트 (Settings > Burst)를 누릅니다.
4. 측정 시간 (Meas Time)을 누른 다음 버스트 기간에서 두 CW 사이클을 뺀 기간보다 작은 측정 시간 값을 입력합니다. 사용 중인 신호의 대략적인 버스트 매개 변수에 대해 알고 있지 않으면 짧은 측정 시간으로 시작하고 관독값이 불안정해질 때까지 점차적으로 시간을 늘립니다.
5. 동기화 지연 (Sync Delay)을 누르고 버스트 기간보다 길고 PRF의 역보다 작은 값을 입력합니다.

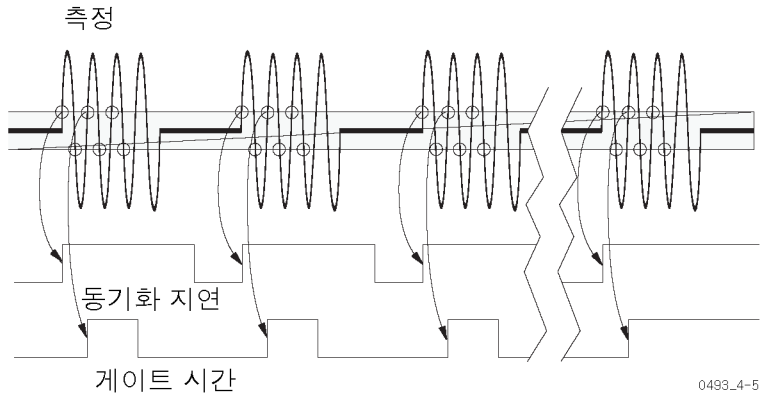


6. 시작 지연 (Start Delay)을 누르고 버스트 펄스의 일시적인 부분보다 긴 값을 입력합니다.
7. 입력 A (Input A) 또는 입력 B (Input B)를 사용하려는 경우 주파수 제한 (Frequency Limit)(160/300MHz)을 선택합니다. 측정에 필요한 사이클 수를 최소화할 수 있는 경우 하한을 사용합니다.
8. 저장|종료 (Save|Exit)를 눌러 측정값을 표시합니다.

장비에 관련된 모든 버스트 측정값이 표시됩니다.

측정 시간 선택: 측정 시간은 버스트 기간보다 짧아야 합니다. 버스트 차이 중 일부에서 측정이 계속되면 시간이 짧은 경우라도 상관없이 측정이 실패합니다. 아주 짧은 측정 시간을 선택하면 해상도만 줄어드므로 더 나은 방법이 됩니다. 짧은 버스트에서 버스트 주파수를 측정하는 것은 짧은 측정 시간을 사용하는 것을 의미하며 일반적으로 장비에서 수행되는 것보다 해상도가 더 낮아집니다.

동기화 지연 작업 방법: 동기화 지연 작업은 내부 시작 준비 지연으로 수행됩니다. 즉, 지정된 동기화 지연 시간이 만료되어야 새로운 측정이 시작됩니다.



설정된 측정 시간이 시작되고 나면 장비는 버스트에서 측정 시작을 두 번째 트리거 이벤트와 동기화합니다. 즉, 버스트 꺼짐 기간이나 버스트 내부에 있는 동안 잘못으로 측정이 시작되지는 않습니다.

가능한 버스트 측정 오류: 측정이 버스트 신호와 동기화되기 전에 버스트가 나타나는 동안 실수로 첫 번째 측정을 시작할 수 있습니다. 이 문제가 발생하고 남은 버스트 기간이 설정된 측정 시간보다 짧은 경우 첫 번째 측정 관독값이 잘못됩니다. 하지만 이렇게 첫 번째 측정을 수행하고 나면 제대로 설정된 시작 준비 동기화 지연 시간이 그 다음 측정을 동기화합니다.

수동으로 작동하는 애플리케이션에서는 문제가 되지 않습니다. 단일 측정 샘플 결과를 신뢰할 수 있어야 하는 자동화된 테스트 시스템에서는 적어도 두 번의 측정을 수행해야 합니다. 첫 번째는 측정을 동기화하는 작업이고, 두 번째는 측정 결과를 관독할 수 있어야 합니다.

주파수 변조 신호

주파수 변조 신호는 주파수에서 주파수 f_0 보다 높거나 낮은 값으로 변경하는 캐리어 파형 신호(CW 주파수 = f_0)입니다. 캐리어 파형의 주파수를 변경하는 변조 신호입니다.

장비는 다음을 측정할 수 있습니다.

f_0 = 캐리어 주파수(주파수).

f_{max} = 최대 주파수(MAX).

f_{min} = 최소 주파수(MIN).

Δf = 주파수 범위 = $f_{max} - f_0$ (P-P).

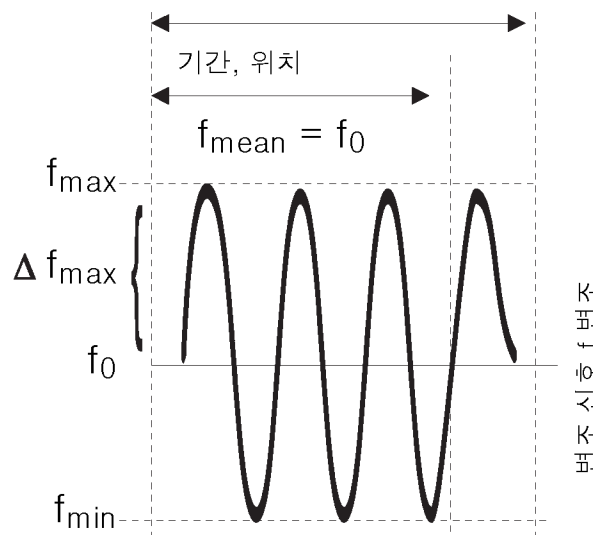
주파수 f_0 캐리어 파형 주파수를 확인하려면 f_0 에 가까운 근사치인 f_{mean} 를 측정합니다.

1. 분석 (Analyze)을 눌러 모든 통계 매개 변수를 간략히 살펴봅니다.
2. 장비에서 변조 주기에서 짝수를 측정하도록 측정 시간을 선택합니다. 이 방법을 통해 포지티브 주파수 편차가 측정 중에 네거티브 편차를 보정합니다.

예를 들어 변조 주파수가 50Hz이고 측정 시간이 200ms인 경우 장비는 전체 변조 사이클 측정을 10번 수행합니다.

음성 신호와 같이 변조가 비연속적인 경우 네거티브 편차로 포지티브 편차를 완전히 보정할 수는 없습니다. 이 경우 변조 범위 중 일부가 보정되지 않은 상태를 유지하고 그 결과 측정값이 너무 높거나 낮아질 수 있습니다.

최저의 측정 시간 사례



0493_4-6

그림 7: 주파수 변조

최악의 경우로 변조 사이클을 정확히 절반으로 나누면 보정되지 않으며 다음에 대한 불확실성이 최대가 됩니다.

$$f_0 - f_{mean} = \pm \frac{\Delta f_{max}}{t_{measuring} \times f_{modulation} \times \pi}$$

캐리어 파형 주파수 f_0 의 매우 정확한 측정을 위해 변조되지 않은 신호에 액세스할 수 있으면 이 신호에서 측정합니다.

변조 주파수가 1kHz 이상인 경우:

1. 단일 (Single)을 끕니다.
2. 변조 주파수의 역수에 대한 짝수 배수인 긴 측정 시간을 설정합니다. 긴 측정 시간(예: 10s)을 선택하고 변조 주파수가 1000Hz 이상으로 높으면 양호한 근사치를 얻게 됩니다.

변조 주파수가 낮은 경우:

1. **설정 > 통계 (Settings > Stat)**를 누르고 허용되는 최대 측정 시간을 고려하여 샘플 수 매개 변수를 가능한 한 큰 값으로 설정합니다.
2. **분석 (Analyze)**을 누르고 장비에서 샘플의 평균 값을 계산하도록 합니다.

보통 30개가 넘는 샘플($n \geq 30$)을 사용하여 샘플당 0.1s 측정 시간으로 양호한 결과를 얻습니다. 특정 상황에서 샘플 크기와 측정 시간을 최적으로 조합하여 시도해볼 수 있습니다. 실제 f_0 및 Δf_{max} 값은 달라집니다.

다음에서는 측정의 샘플링 주파수(1/측정 시간)가 변조 주파수와 비동기입니다. 이로 인해 개별 측정 결과는 f_0 보다 일정하지 않게 높거나 낮습니다. 주파수 f_{mean} 의 통계적 평균 값은 평균 샘플 수가 충분히 많은 경우 f_0 에 가까워집니다.

장비가 순간 주파수 값을 측정할 경우(매우 짧은 측정 시간 선택) f_0 의 측정 값에 대한 RMS 측정 불확실성은 다음과 같습니다.

$$f_0 - f_{mean} = \pm \frac{1}{\sqrt{2n}} \times \Delta f_{max}$$

여기서 n 은 f 의 평균 샘플 수입니다.

fmax(최대) fmax를 측정하려면

1. **설정 > 통계 (Settings > Stat)**를 누르고 **샘플 수 (No.of samples)**를 1000 이상으로 설정합니다.
2. **측정 시간 (Meas Time)**을 누르고 낮은 값을 선택합니다.
3. **분석 (Analyze)**을 누릅니다. 장비의 MAX 판독값에 f_{max} 가 표시됩니다.

fmin(최소) 1. **설정 > 통계 (Settings > STAT)**를 누르고 **샘플 수 (No.of samples)**를 1000 이상으로 설정합니다.

2. **측정 시간 (Meas Time)**을 누르고 낮은 값을 선택합니다.
3. **분석 (Analyze)**을 누릅니다. 장비의 MIN 판독값에 f_{min} 이 표시됩니다.

$\Delta f_{p-p}(P-P)$ 1. **설정 > 통계 (Settings > Stat)**를 누르고 **샘플 수 (No.of samples)**를 1000 이상으로 설정합니다.

2. **측정 시간 (Meas Time)**을 누르고 낮은 값을 선택합니다.
3. **분석 (Analyze)**을 누르고 P-P를 읽습니다.

$$\Delta f_{p-p} = f_{max} - f_{min} = 2 \times \Delta f$$

f_{max} , f_{min} 및 Δf_{p-p} 오류 :

측정 시간이 1/10 사이클에 해당하거나 주파수 신호가 36°이면 약 1.5%의 오류가 발생합니다.

측정 시간을 다음과 같은 방법으로 선택합니다.

$$t_{measure} \leq \frac{1}{10 \times f_{modulation}}$$

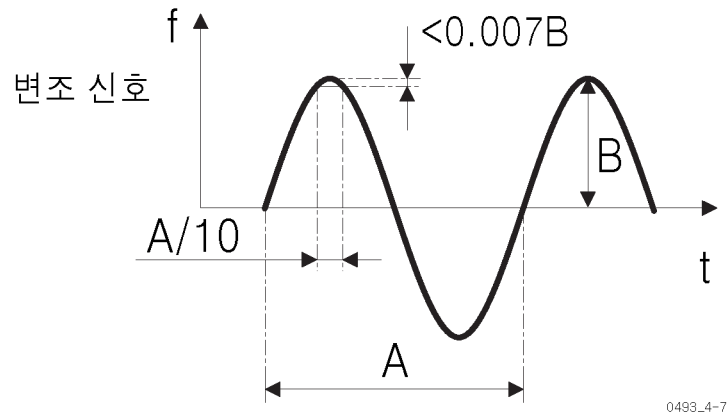


그림 8: f_{max} 확인 시 발생하는 오류

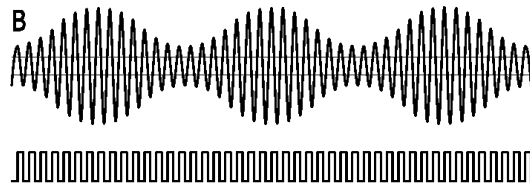
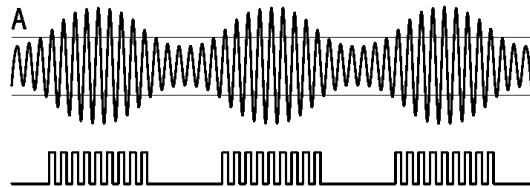
캡처된 최대 주파수가 실제로 f_{max} 가 되도록 하려면 충분히 많은 샘플 수를 선택합니다(예: $n \geq 1000$).

AM 신호

장비는 보통 AM 신호의 캐리어 파형 주파수와 변조 주파수를 둘 다 측정할 수 있습니다. 이러한 측정은 이 설명서 앞부분에서 설명한 버스트 측정과 매우 비슷합니다.

캐리어 파형 주파수 측정

CW(캐리어 파형)는 변조 깊이가 깊은 경우에만 신호 중간에 연속적으로 좁은 진폭 대역에 나타납니다. 장비의 트리거 감도(이력 현상)가 너무 넓은 경우 트리거링은 일부 사이클을 누락하고 측정 결과가 잘못됩니다.



CW 주파수를 측정하려면

1. 입력 A (Input A) 메뉴 버튼을 누릅니다.
2. 원하는 해상도를 제공하는 측정 시간을 선택합니다.
3. 수동 트리거를 활성화합니다.

4. 트리거 (Trig) 레벨을 누르고 0V 트리거 레벨을 입력한 다음 저장|종료 (Save|Exit)를 누릅니다.
5. AC 커플링을 선택합니다.
6. 1x 감쇠를 선택하여 좁은 이력 현상 대역을 가져옵니다. 장비가 노이즈에서 트리거하는 경우 '변할 수 있는 이력 현상' 기능을 통해 이력 현상 대역을 넓힙니다. 즉, 트리거 레벨을 0V보다 크고 V_{P-Pmin} 보다 작게 입력합니다.

변조 주파수 측정

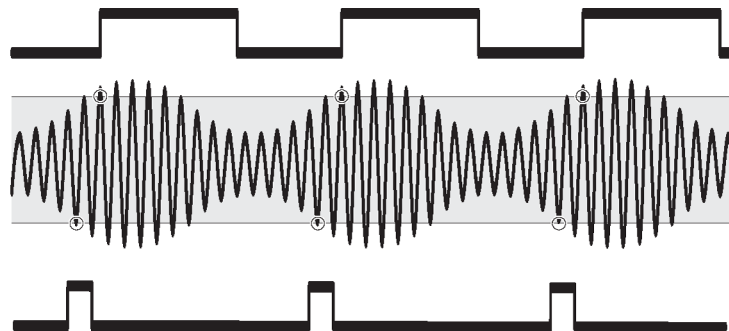
변조 주파수를 측정하는 가장 쉬운 방법은 복조 이후에 측정하는 것입니다. 예를 들면 입력 채널에서 AC 커플링을 통해 RF 감지기 프로브(복조기 프로브라고도 함)를 사용합니다.

사용 가능한 적합한 복조기가 없는 경우 주파수 버스트 (Freq Burst) 기능을 사용하여 버스트 PRF를 측정할 때와 동일한 방법으로 변조 주파수를 측정합니다.

변조 주파수를 측정하려면

1. 측정 > 주파수 버스트 A (Meas > Freq Burst A)를 누릅니다.
2. 설정 > 버스트 > 측정 시간 (Settings > Burst > Meas Time)을 누르고 변조 기간 중 약 25%에 해당하는 측정 시간을 입력합니다.
3. 동기화 지연 (Sync Delay)을 누르고 변조 기간 중 약 75%에 해당하는 값을 입력합니다.
4. 입력 A (Input A)를 누르고 수동 (Manual) 트리거를 켭니다.
5. 트리거 (Trig)를 누르고 다음 그림에 따라 장비 트리거를 만드는 트리거 레벨을 입력합니다.

동기화 지연



측정된 사이클

0493_4-9

주 주파수 판독값이 불안정하더라도 PRF 판독값에 변조 주파수가 표시됩니다.

주기

단일 A, B 및 평균 A, B, C

메뉴 경로: 측정 > 주기 > 단일 (Meas > Period > Single).

측정 관점에서 주기 기능은 주파수 기능과 동일합니다. 순환 신호 주기에는 주파수 $1/f$ 의 역수 값이 있기 때문입니다.

실제로 두 가지 기본적인 차이가 있습니다.

1. 장비는 주파수를 다음과 같이 계산합니다(항상 평균).

$$f = \frac{\text{number of cycles}}{\text{actual gate time}}$$

하지만 주기 평균은 다음과 같이 계산합니다.

$$p = \frac{\text{actual gate time}}{\text{number of cycles}}$$

2. 장비는 단일 주기 측정에 프리스케일러를 사용하지 않습니다.

이전에 설명한 대로 주파수 측정에 대한 다른 모든 함수와 기능은 주기 측정에 적용됩니다.

단일 A, B 백투백 (Single A, B Back-to-Back) (FCA3100 시리즈만 해당)

메뉴 경로: 측정 > 주기 > 단일 백투백 (Meas > Period > Single Back to Back).

이 측정은 시간 소인을 사용하여 데드 시간 없이 연속된 주기 측정을 수행합니다.

최대 주파수(보간기 교정이 켜기 (On)인 경우 125kHz, 꺾기 (Off)인 경우 250kHz) 까지 모든 포지티브 또는 네거티브 제로 교차(선택한 기율기에 따라 다름)는 시간이 찍혀 있습니다. 모든 새로운 시간 소인의 경우 이전 값은 현재 값에서 뺀 값으로 표시됩니다.

값 (Value) 모드에서 표시는 주기가 200ms를 초과할 때 새 주기마다 업데이트됩니다. 시간이 더 짧아질 경우 제한된 업데이트 속도로 인해 두 번째마다, 세 번째마다, 네 번째마다 등과 같은 방식으로 결과가 표시됩니다.

분석 (Analyze) 모드에서 그래프와 통계 데이터에는 최대 입력 주파수까지 모든 주기가 포함되어 있습니다. 주파수가 높아질 경우 장비에 4μs 또는 8μs 관측 중 평균 주기가 표시됩니다. 따라서 주파수가 높아지면 실제 기능은 주기 평균 백투백 (Period Average Back-to-Back)이 됩니다.

이 기능의 주된 목적은 결과 처리로 인한 단일 주기를 손실하지 않고 비교적 시간이 긴 주기를 지속적으로 측정하는 것입니다. 일반적인 예로는 GPS 수신기에서 1pps 시간측 출력이 있습니다.

평균 A, B

메뉴 경로: 측정 > 주기 > 평균 (Meas > Period > Average).

장비는 신호의 평균 주기를 측정합니다. 이 측정은 단일 주기 측정보다 더 높은 해상도 관독값을 제공합니다.

주파수

주파수 A, B 백투백 (Freq A, B Back-to-Back) (FCA3100 시리즈만 해당)

메뉴 경로: 측정 > 주파수 > 단일 백투백 (Meas > Freq > Single Back to Back).

이 측정은 시간 소인을 사용하여 데드 시간 없이 연속된 주파수 측정을 수행합니다.

이 기능은 주기 백투백 (Period Back-to-Back)의 역기능입니다. 분석 (Analyze) 모드에서 측정 시간은 시간 소인을 페이싱하는 데 사용됩니다. 이 경우 페이싱 매개 변수가 사용되지 않습니다.

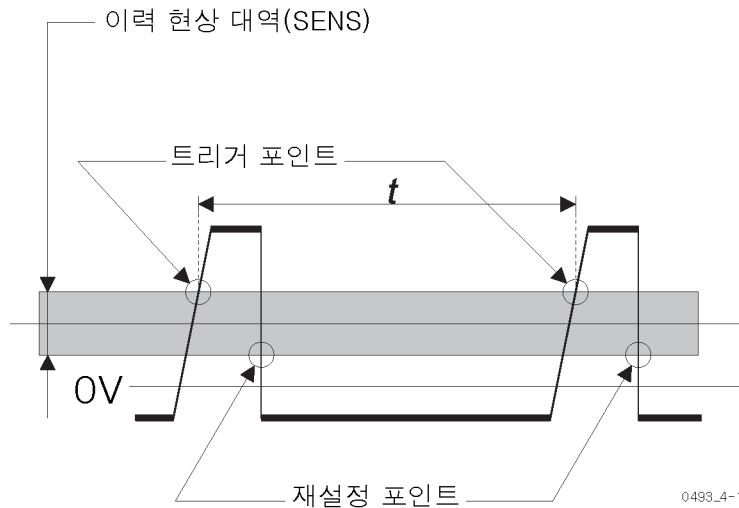
데드 시간이 없는 연속된 주파수 평균 측정은 알란 편차를 계산하는 데 사용됩니다. 이러한 통계 측정은 발전기 제조업체에서 단기간 안정성을 설명하는 데 다양하게 사용됩니다.

시간 측정

소개

두 개의 개별 채널에서 시작 및 정지 상태 사이의 시간을 측정하는 것은 모든 시간 간격 측정의 기본입니다. A부터 B까지 시간 간격 (Time Interval A to B) 외에도 카운터는 펄스 폭 (Pulse Width) 및 상승/하강 시간 (Rise/Fall Time)과 같은 다른 채널 조합 및 파생된 기능도 제공합니다.

시간은 트리거 포인트와 재설정 포인트 사이에서 측정됩니다. 이력 현상 대역이 좁은 경우에만 측정을 정확하게 수행할 수 있습니다.



트리거링 및 시간 측정

설정된 트리거 레벨 및 트리거 기울기는 시작 및 정지 트리거링을 정의합니다. 자동 (Auto)이 켜져 있으면 장비는 트리거 레벨을 신호 진폭의 50%로 설정합니다. 이 값은 대부분의 시간 측정에 적합합니다.

신뢰할 수 있는 시간 측정을 위한 조건 요약:

- 시간 측정을 수행할 때 한 번 자동 (Auto Once)이나, 자동 트리거 (Auto Trig)에서 확인된 트리거 레벨을 설정하는 것이 일반적으로 가장 좋습니다. 수동 트리거 (Man Trig)를 누르고 자동 설정 (Auto Set)을 한 번 누릅니다.
- DC 커플링.
- 1x 감쇠. 자동 설정 (Auto Set)이 트리거 레벨을 설정하기 전에 사용된 경우 자동으로 선택됩니다.
- 높은 신호 레벨.
- 기울기 신호 예지.

입력 증폭기의 감도가 높더라도 이력 현상 대역에는 상승 및 하강 시간이 다른 신호에 대한 작은 타이밍 오류를 발생시키는 한정된 값이 있습니다. 예를 들면 이전 그림의 신호와 같은 비대칭 펄스 신호가 있습니다. 이 타이밍 오류는 트리거 포인트를 이력 현상 대역 절반까지 가상으로 이동하는 이력 현상 보정을 사용하여 처리됩니다.

시간 간격 (Time Interval)

메뉴 경로: 측정 > 시간 > 시간 간격 (Meas > Time > Time Interval).

시간 간격 (Time Interval) 측정을 사용하면 지정된 트리거 레벨 사이에서 상승 및 하강 시간을 측정할 수 있습니다.

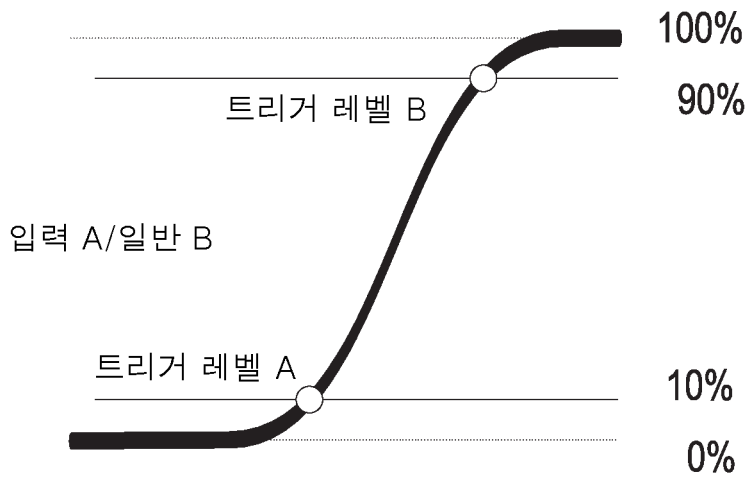
기울기 A/B > 기울기 (Input A/B > Slope) 버튼(포지티브 기울기 에지 또는 네거티브 기울기 에지 기호로 표시)을 사용하여 측정을 시작하거나 정지할 신호 에지를 설정합니다.

- A부터 B까지 시간 간격 (Time Interval A to B): 장비는 입력 A (Input A)의 시작 조건과 입력 B (Input B)의 정지 조건 사이의 시간을 측정합니다.
- B부터 A까지 시간 간격 (Time Interval B to A): 장비는 입력 B (Input B)의 시작 조건과 입력 A (Input A)의 정지 조건 사이의 시간을 측정합니다.
- A부터 A까지, B부터 B까지 시간 간격 (Time Interval A to A, B to B): 동일한(공통) 신호 소스가 시작 및 정지 트리거 이벤트를 모두 제공할 경우 신호를 입력 A (Input A) 또는 입력 B (Input B)에 연결합니다.

상승/하강 시간 A/B

메뉴 경로: 측정 > 시간 > 상승 시간 (Meas > Time > Rise Time), 측정 > 시간 > 하강 시간 (Meas > Time > Fall Time).

규칙상 상승/하강 시간은 신호가 진폭의 10%를 통과할 때부터 진폭의 90%를 통과할 때까지 측정됩니다.



0493_4-16

장비는 트리거 레벨을 계산하고 설정합니다. 상승 및 하강 시간은 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B) 모두에서 측정할 수 있습니다.

측정되는 또 다른 매개 변수는 회전율(V/s), V_{max} 및 V_{min} 가 있습니다.

ECL 회로의 경우 기준 레벨은 20%(시작)와 80%(정지)입니다. 이 경우 다음 두 가지 방법 중 하나를 사용하여 기준 값을 설정할 수 있습니다.

- 위에 설명된 일반적인 시간 간격 (Time Interval) 기능을 선택하고 피크 절대 값에서 트리거 레벨을 계산한 후 해당 레벨을 수동으로 설정합니다. 이렇게 하면 보조 매개 변수 V_{max} 및 V_{min} 을 활용할 수 있습니다. 입력 A (Input A)에서 측정된 경우 다음 설정을 사용합니다.

상승 시간:

$$\text{트리거 레벨 A} = V_{min} + 0.2 (V_{max} - V_{min})$$

$$\text{트리거 레벨 B} = V_{min} + 0.8 (V_{max} - V_{min})$$

하강 시간:

$$\text{트리거 레벨 A} = V_{min} + 0.8 (V_{max} - V_{min})$$

$$\text{트리거 레벨 B} = V_{min} + 0.2 (V_{max} - V_{min})$$

- 전용 상승/하강 시간 측정값 중 하나를 선택하고 자동 트리거 (Auto Trigger)가 활성화 상태인 경우 상대 트리거 레벨(단위: %)을 수동으로 조정합니다. 한 개의 채널만 활성화 신호 입력이더라도 입력 채널 메뉴를 둘 다 사용하여 트리거 레벨을 입력합니다.

오버슈트 또는 링잉도 측정에 영향을 미칠 수 있습니다. (50페이지의 *자동 트리거* 참조)

TIE (Time Interval Error) (FCA3100 시리즈만 해당)

메뉴 경로: **측정 > 시간 > TIE (Meas > Time > TIE).**

TIE 측정에서는 시간 소인을 지속적으로 사용하여 연장된 기간 동안 명목상 안정된 신호에서 저속 위상 편이(유량)를 관찰합니다. 일반적으로 동기화 데이터 전송 시스템에서 분산 PLL 클럭을 모니터링하는 작업에 응용할 수 있습니다.

TIE 측정은 데이터 신호가 아닌 클럭 신호에만 적용할 수 있습니다.

확인할 신호 주파수는 수동 또는 자동으로 설정할 수 있습니다. **자동 (Auto)**은 처음 두 개의 샘플에서 주파수를 탐지합니다. 값은 4자리 숫자로 반올림되며(예: 2.048MHz), 쿼리를 전송할 때 버스에서 출력됩니다. 또한 **값 (Value)** 모드에서 보조 측정값으로 표시됩니다.

TIE는 입력 신호와 내부 또는 외부 시간측 클럭 사이의 시간 간격으로 측정됩니다. 이러한 신호는 위상으로 잠겨 있지 않으므로 측정 시작 시 실시간 간격 값에 상관 없이 t가 0일 경우 결과는 수학적으로 null로 처리됩니다. **분석 (Analyze)** 모드에서 나타나는 그래프는 원점 좌표에서 시작됩니다.

펄스 폭 A/B

메뉴 경로: 측정 > 펄스 > 폭 포지티브 (Meas > Pulse > Width Positive), 측정 > 펄스 > 폭 네거티브 (Meas > Pulse > Width Negative).

측정을 위해 입력 A (Input A) 또는 입력 B (Input B)를 사용할 수 있으며, 포지티브 및 네거티브 펄스 폭을 모두 선택할 수 있습니다.

- 포지티브 펄스 폭은 상승 에지와 그 다음 하강 에지 사이의 시간을 의미합니다.
- 네거티브 펄스 폭은 하강 에지와 그 다음 상승 에지 사이의 시간을 의미합니다.

선택한 트리거 기술기는 시작 트리거 기술기입니다. 장비는 정지 기술기로 역극성을 자동으로 선택합니다.

듀티 계수 A/B

메뉴 경로: 측정 > 펄스 > 듀티 계수 포지티브 (Meas > Pulse > Duty Factor Positive), 측정 > 펄스 > 듀티 계수 네거티브 (Meas > Pulse > Duty Factor Negative).

듀티 계수(또는 듀티 사이클)는 펄스 폭과 주기 사이의 비율입니다.

$$Dutyfactor = \frac{Pulse\ width}{Period}$$

장비는 세 번의 시간 소인 측정을 수행하여(입력 A (Input A)에서 선택한 측정 기능이 듀티 계수 포지티브 (Duty Factor Positive)인 경우 두 번의 연속된 포지티브 트리거 A와, 한 번의 네거티브 트리거 A) 한 번 통과할 경우 이 비율을 확인합니다.

포지티브와 네거티브 듀티 계수 모두에 대해 측정을 위해 입력 A (Input A) 또는 입력 B (Input B)를 사용할 수 있습니다. 장비에는 주기 및 펄스 폭 측정값도 표시됩니다.

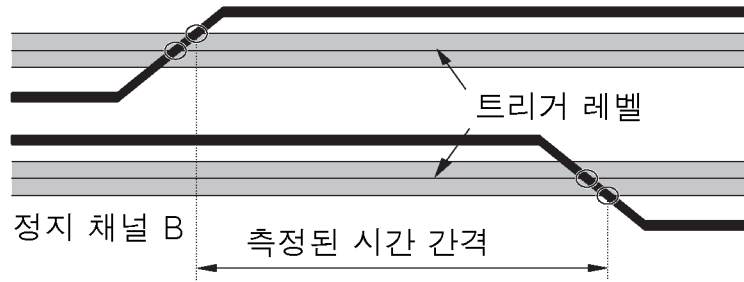
주석노트. 측정에는 세 번의 측정 단계가 필요하므로 단일 측정과 비교하여 총 측정 시간은 3배가 됩니다.

시간 측정 오류

이력 현상

트리거 이력 현상으로 인해 시간 측정 오류가 발생할 수 있습니다. 타이밍 측정 트리거는 다음 그림에서와 같이 입력 신호가 진폭의 50%에서 교차할 경우가 아니라 입력 신호가 전체 이력 현상 대역을 교차할 경우 발생합니다.

시작 채널 A



0493_4-18

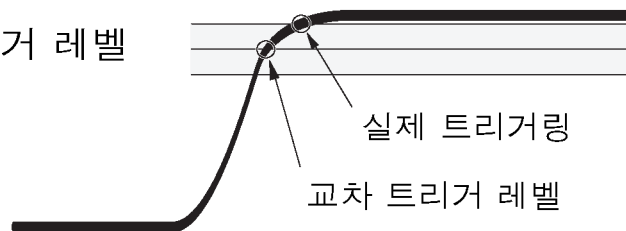
이력 현상 대역은 1x 감쇠 시 약 20mV, 10x 감쇠 시 200mV입니다.

이력 현상 트리거 오류를 낮은 상태로 유지하려면 가능한 경우 감쇠기를 **1x**로 설정합니다. 10x 감쇠는 입력 신호의 진폭이 과도하게 크거나 5V보다 높은 트리거 레벨을 설정해야 하는 경우에만 사용하십시오.

오버드라이브 및 펄스 반올림

충분하지 않은 신호 오버드라이브로 트리거하여 추가 타이밍 오류가 발생할 수 있습니다. 트리거링이 최대 펄스 전압과 매우 인접한 곳에서 발생하면 두 가지 현상 즉, 오버드라이브 및 반올림이 측정 불확실성에 영향을 미칠 수 있습니다.

트리거 레벨



0493_4-17

오버드라이브: 미약한 오버드라이브를 통해서만 입력 신호가 이력 현상 대역을 교차하면 트리거링이 평소보다 100ps 정도 길어질 수 있습니다. 최악으로 지정된 경우는 500ps의 체계적인 트리거 오류에 이 오류가 포함된 것입니다. 이 오류를 방지하려면 입력 신호 또는 트리거 레벨에 적당한 오버드라이브가 있는지 확인하십시오.

펄스 반올림: 속도가 빠른 펄스의 경우 펄스 반올림, 오버슈트 또는 기타 착오로 인해 오류가 발생할 수 있습니다. 특히 빠른 회로에서 측정하는 경우 펄스 반올림은 심각한 트리거 오류를 발생시킬 수 있습니다.

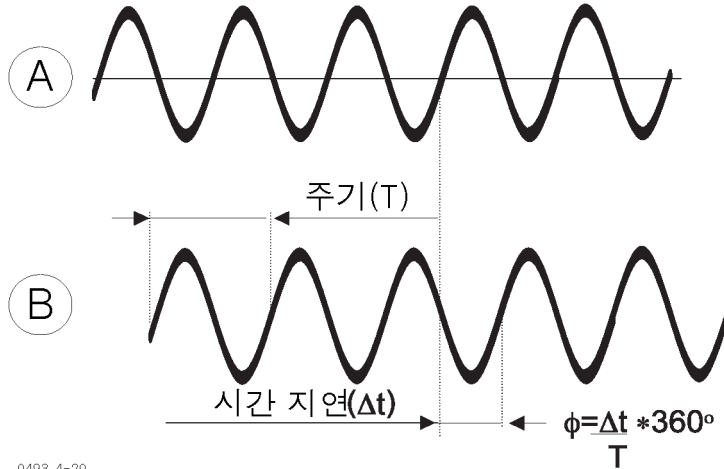
자동 트리거

자동 트리거는 알 수 없는 신호를 측정할 경우 매우 효과적입니다. 하지만 오버슈트 또는 링잉으로 인해 자동 트리거에서 약간 잘못된 최소 및 최대 신호 레벨을 선택할 수 있습니다. 이러한 오류는 주파수와 같이 측정에 영향을 미치지 않지만 변이 시간 측정에는 영향을 미칠 수 있습니다. 따라서 로직 회로와 같은 알려진 신호를 사용하여 작업할 경우 트리거 레벨을 수동으로 설정합니다.

신호 반복 속도가 100Hz(기본값) 아래로 떨어지거나 자동 트리거 저주파수 메뉴 **설정 > 기타 > 자동 트리거 저주파수 (Settings > Misc > Auto Trig Low Freq)**에 1Hz와 50kHz 사이의 값을 입력하여 설정된 저주파수 한계 아래로 떨어지더라도 항상 수동 트리거 레벨을 사용하십시오.

위상 측정

위상은 주파수가 같은 두 신호 사이의 시간차로 각도로 표시됩니다.



0493_4-20

타이머/장비에서 위상 지연을 측정하는 일반적인 방법은 2개의 연속된 측정, 즉 주기 측정과 그 다음 바로 시간 간격 측정으로 구성된 2단계 프로세스입니다. 위상 지연은 수학적으로 다음과 같이 계산됩니다.

$$360^\circ \times \frac{(Time\ Interval\ A-B)}{Period}$$

또는

$$Phase\ A-B = 360^\circ \times Time\ Delay \times Freq$$

FCA3000, FCA3100 및 MCA3000 시리즈 장비는 더 정교한 방법을 사용하여 위상을 확인합니다. 두 측정 모두 측정 시간 소인을 따라 한 번의 통과로 수행됩니다. Input A와 Input B에서 트리거 이벤트의 연속된 시간 소인 두 번은 신호의 위상 관계를 비롯하여 위상 차이를 계산하기에 충분합니다.

해상도

신호에서 최대 160MHz까지 위상을 측정할 수 있습니다. 측정 해상도는 주파수에 따라 달라집니다. 100kHz 미만 주파수의 경우 해상도는 0.001이며, 10MHz가 넘는 주파수의 경우 해상도는 1입니다. 위상 측정 해상도는 측정을 평균화하는 내장된 통계 기능을 사용하여 더 향상시킬 수 있습니다.

가능한 오류

위상은 입력 신호 주파수에서 최대 160MHz까지 측정할 수 있습니다. 하지만 이렇게 높은 주파수에서는 위상 해상도가 다음으로 줄어듭니다.

$$100ps \times 360^\circ \times FREQ$$

부정확성

위상 A-B 측정의 부정확성은 여러 가지 외부 매개 변수에 따라 달라집니다.

- 입력 신호 주파수
- 입력 신호 A 및 B의 회전을 및 피크 진폭
- 입력 신호 S/N 비율

몇몇 내부 장비 매개 변수도 중요합니다.

- 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B) 신호 경로 사이의 내부 시간 지연
- 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B) 사이에서 이력 현상 윈도우 변화

위상 측정 부정확성 오류의 두 가지 유형은 랜덤 오류 및 체계적 오류입니다. 랜덤 오류는 해상도(양자화)와 노이즈 트리거 오류로 구성되고, 체계적 오류는 "채널 간 지연 차이" 및 "트리거 레벨 타이밍" 오류로 구성됩니다. 체계적 오류는 지정된 입력 신호 집합에 대해 일정하며, 일반적으로 교정 측정을 수행한 이후 컨트롤러 (GPIB 시스템) 또는 **연산/한계 (Math/Limit)** 메뉴(수동 작업)를 사용하여 로컬로 보정할 수 있습니다. (54페이지의 *보정 방법* 참조)

위상 측정에서의 랜덤 오류: 위상 양자화 오류 알고리즘은 다음과 같습니다.

$$100\text{ps} \times 360^\circ \times \text{FREQ}$$

예를 들어 1MHz 입력 신호에 대한 양자화 오류는 다음과 같습니다.

$$100\text{ps} \times 360^\circ \times (1 \times 10^6) \approx 0.04^\circ$$

트리거 노이즈 오류는 추가해야 할 시작 및 정지 트리거 오류로 구성됩니다. 사인 입력 신호의 경우 각 오류는 다음과 같습니다.

$$\frac{360^\circ}{2\pi \times s/n \text{ ratio}}$$

위의 예제를 사용하여 S/N 비율이 40dB가 되도록 일부 노이즈를 추가합니다. 이는 진폭 비율의 100배에 해당합니다(전원 비율은 10000배). 그런 다음 트리거 노이즈는 다음을 사용하여 랜덤 오류를 포함합니다.

$$\frac{360^\circ}{2\pi \times 100} \approx 0.6^\circ$$

랜덤 오류 합계는 랜덤 속성으로 인해 선형이 아닌 "RMS 방식"으로 추가해야 합니다. 위의 예에서 이 작업을 수행합니다.

랜덤 오류

$$\text{Random error} = \sqrt{\text{quant. err.}^2 + \text{start trg.err}^2 + \text{stop trg.err}^2}$$

따라서 총 랜덤 오류는 다음과 같습니다.

$$\sqrt{0.04^2 + 0.6^2 + 0.6^2} \approx 0.85^\circ \text{ (single shot)}$$

내부 증폭기 노이즈에 의해 발생한 랜덤 오류는 어떻습니까? 내부 노이즈 기여도는 일반적으로 무시해도 됩니다. 신호에서 노이즈에 의해 발생한 위상 오류는 내부 또는 외부에 상관없이 다음과 같습니다.

$$\frac{360^\circ}{2\pi \times s/n \text{ ratio}}$$

입력 신호가 250mV_{rms} 이고, 일반적인 내부 노이즈 수치가 250μV_{rms} 일 경우 S/N 비율은 최소한 60dB(1000배)입니다. 이렇게 하면 최악의 경우로 0.06의 오류가 발생합니다. 입력 신호를 1.5V_{rms}로 늘리면 오류는 0.01로 줄어듭니다.

랜덤 오류를 줄이는 또 다른 방법은 장비의 통계 기능을 사용하여 여러 샘플의 평균 값을 계산하는 것입니다.

위상 측정에서의 체계적 오류: 체계적 오류는 다음 요소로 구성됩니다.

- 채널 간 전파 지연 차이.
- 트리거 레벨 불확실성으로 인한 트리거 레벨 타이밍 오류(시작 및 정지).

채널 간 전파 지연 차이는 일반적으로 두 입력 채널 모두에 동일한 트리거 조건에서 500ps입니다. 따라서 해당 위상 차이는 다음과 같습니다.

$$<0.5\text{ns} \times 360^\circ \times \text{FREQ}$$

다음 표에는 채널 간 전파 지연 차이에 의해 발생하는 위상 차이가 주파수별로 나열되어 있습니다.

주파수	위상 오류(도 단위)
160MHz	28.8°
100MHz	18.0°
10MHz	1.8°
1MHz	0.18°
100kHz	0.018°
10kHz 이하	0.002°

트리거 레벨 타이밍 오류는 다음 계수에 따라 달라집니다.

- 트리거 레벨 DAC 불확실성과 비교기 오프셋 오류로 인해 실제 트리거 포인트는 정확히 0이 아닙니다.
- 두 신호는 제로 교차 시 회전율이 서로 다릅니다.

모든 장비에는 입력 이력 현상이 있습니다. 이 이력 현상은 노이즈에서 오류가 있는 입력 트리거링이 발생하는 것을 방지하기 위해 필요합니다. 이력 현상 대역의 폭은 장비의 최대 감도를 결정합니다. 대략 30mV가 되므로 트리거 레벨을 0V로 설정할 경우 실제 트리거 포인트는 일반적으로 +15mV이며 복귀 포인트는 -15mV가 됩니다. 이러한 종류의 타이밍 오류는 이력 현상 보정을 사용하여 취소됩니다.

이력 현상 보정은 마이크로컴퓨터가 실제 트리거링(오프셋 이후)이 설정된 트리거 레벨(오프셋 이전)과 같도록 트리거 레벨에 오프셋을 설정할 수 있음을 의미합니다. 이러한 일반적인 이력 현상 보정은 위상, 시간 간격 및 상승/하강 시간 측정에서 활성 상태입니다. 몇몇 mV의 특정 잔여 불확실성이 있으며 트리거 포인트의 특정 온도 드리프트도 있습니다.

공칭 트리거 포인트는 ±10mV의 불확실성에서 0V입니다.

사인파는 다음과 같이 나타냅니다.

$$V(t) = V_p \times \sin(2\pi ft)$$

이 파형에는 제로 교차에 가까운 $V_p \times 2\pi f$ 의 회전율 $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ 가 있습니다. 이렇게 하면 0mV 교차가 아닌 10mV를 교차할 경우 체계적 시간 오류가 발생합니다.

$$\frac{10 \text{ mV}}{(V_p \times 2\pi \times \text{FREQ})}$$

해당하는 위상 오류(도 단위)가 다음 표에 나열됩니다.

주파수	위상 오류(도 단위)
160MHz	28.8°
100MHz	18.0°
10MHz	1.8°
1MHz	0.18°
100kHz	0.018°
10kHz 이하	0.002°

$$\frac{10 \text{ mV} \times 360^\circ \times \text{FREQ}}{V_p \times 2\pi \times \text{FREQ}}$$

다음과 같이 줄어들 수 있습니다.

$$\frac{0.6}{V_p} \text{ (in}^\circ\text{)}$$

이 오류는 두 입력에서 모두 발생할 수 있으므로 최악의 경우 체계적인 오류는 다음과 같습니다.

$$\frac{0.6}{V_p(A)} + \frac{0.6}{V_p(B)} \text{ (in}^\circ\text{)}$$

보정 방법: 위의 계산에는 총 체계적 위상 오류를 구성하는 요소에서 일반적인 불확실성이 나타납니다. 지정된 입력 신호 집합의 경우 교정 측정을 수행하여 다소 완벽하게 이 오류를 교정할 수 있습니다. 수용할 만한 잔여 오류에 따라 아래 설명된 방법 중 하나를 사용할 수 있습니다. 첫 번째 방법은 매우 간단하지만 채널 간 전파 지연 차이를 고려하지 않습니다. 두 번째 방법에는 체계적인 오류가 모두 포함되어 있습니다. 단, 정확하게 실행되는 경우에 한하며 종종 실행 가능하지 않습니다.

교정 측정 방법 1:

1. 테스트 신호를 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B)에 연결합니다.
2. 위상 A 관계 A (Phase A rel A) 기능을 선택하여 초기 오류를 찾습니다.
3. 연산/한계 (Math/Limit) 메뉴를 사용하여 X_0 을 누르고 기호를 변경하여 $K \cdot X + L$ 공식에서 이 값을 상수 L로 입력합니다.
4. 위상 A 관계 B (Phase A rel B)를 선택하여 현재 측정 결과(X_0)를 수행한 차 후 위상 측정에서 뺍니다. 그러면 체계적 위상 오류 중 상당 부분이 취소됩니다. 주파수 또는 진폭이 변경되면 이 교정을 반복해야 합니다.

교정 측정 방법 2:

1. 소스 임피던스에 따라 50Ω 전원 분할기 또는 BNC T 조각을 사용하여 측정할 신호 중 하나를 Input A와 Input B 모두에 연결합니다. 전원 분할기/T 조각과 장비 입력 사이의 케이블 길이는 동일해야 합니다.
2. 위상 A 관계 B (Phase A rel B) 기능을 선택하고 결과를 읽어봅니다.
3. 이 값을 방법 1에서 설명한 방식과 동일하게 상관 관계 계수로 입력합니다.

4. 오류를 최소화하려면 입력 신호 진폭을 일정하게 유지하여 교정과 측정 사이의 편차를 최소화합니다.
5. 주파수 및 진폭과 관련된 방법 1에서와 같은 제한 사항이 이 방법에 적용됩니다. 즉, 신호 주파수 또는 진폭 중 하나가 변경될 때마다 다시 교정해야 합니다.

신호 입력을 위한 일반적인 설정은 다음과 같습니다.

기울기	포지티브 또는 네거티브
커플링	AC
임피던스	1MΩ 또는 50Ω(소스와 주파수에 따라 달라짐)
트리거	수동
트리거 레벨	0V
필터	끄기

잔여 체계적 오류: 위에 언급된 방법 중 하나에 따라 수학적으로 (벤치 또는 컨트롤러에서) 수정을 적용하여 체계적 오류가 줄어들지만 완전히 제거되지는 않습니다. 잔여 시간 지연 오류는 대부분 무시해도 되지만 트리거 레벨 오류는 항상 특정 범위로 유지됩니다. 특히 온도 조건이 일정하지 않을 때 그러합니다.

합계 (Totalize)(FCA3100 시리즈만 해당)

메뉴 경로: 측정 > 합계 (Meas > Totalize).

합계 (Totalize) 기능은 두 장비의 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B)에서 트리거 이벤트 수를 추가합니다. 다섯 가지 합계 기능을 사용할 수 있습니다.

홀드/실행 (Hold/Run)(수동 합계 기능)을 전환하여 게이트를 수동으로 제어하는 것 외에도 **설정 (Settings)** 아래에서 준비 기능을 사용하여 게이트를 열고 닫을 수도 있습니다. 다양한 기능이 아래에 설명되어 있습니다.

게이트가 열려 있는 동안에는 디스플레이가 계속 업데이트됩니다. 이벤트는 **재시작 (Restart)**을 수행할 때까지 열기를 연속해서 수행하는 동안 누적됩니다.

주석노트. 수동 합계 (Totalize) 기능은 차단과 페이징 같은 통계 기능 또는 매개 변수와 함께 사용할 수 없습니다.

합계 (Totalize)의 경우 자동 트리거는 일반적인 방법으로 작동하지 않습니다. 한번 자동 (Auto Once) 작업은 합계 측정을 시작하기 전에 수행되어 적절한 트리거 레벨을 한 번 계산하고 설정합니다.

합계 (Totalize) A

이 측정을 통해 사용자는 입력 A (Input A)에서 트리거 이벤트 수 합계를 계산(카운트)할 수 있습니다. 보조 계산 매개 변수는 **A-B**와 **A/B**입니다. 시작/정지는 **홀드/실행 (Hold/Run)** 버튼을 전환하여 수동으로 제어하고, 카운팅 레지스터는 **재시작 (Restart)**을 눌러 재설정됩니다.

합계 (Totalize) B

이 측정을 통해 사용자는 Input B에서 트리거 이벤트 수 합계를 계산(카운트)할 수 있습니다. 보조 계산 매개 변수는 **A-B**와 **A/B**입니다. 시작/정지는 **홀드/실행 (Hold/Run)** 버튼을 전환하여 수동으로 제어하고, 카운팅 레지스터는 **재시작 (Restart)**을 눌러 재설정됩니다.

합계 (Totalize) A+B

이 측정을 통해 사용자는 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B)에서 트리거 이벤트 합계를 계산할 수 있습니다. 보조 매개 변수는 **A**와 **B**입니다. 시작/정지는 **홀드/실행 (Hold/Run)** 버튼을 전환하여 수동으로 제어하고, 카운팅 레지스터는 **재시작 (Restart)**을 눌러 재설정됩니다.

합계 (Totalize) A-B

이 측정을 통해 사용자는 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B)에서 트리거 이벤트 차이를 계산할 수 있습니다. 보조 매개 변수는 **A**와 **B**입니다. 시작/정지는 **홀드/실행 (Hold/Run)** 버튼을 전환하여 수동으로 제어하고, 카운팅 레지스터는 **재시작 (Restart)**을 눌러 재설정됩니다.

예를 들어 **TOT A-B MAN**을 사용하면 제어 시스템에서 서로 다른 흐름을 측정할 수 있습니다.

예를 들면 주차장의 자동차 수는 입구(A)를 통과하는 자동차 수에서 출구(B)를 통과하는 자동차 수를 뺀 값과 동일합니다.

합계 (Totalize) A/B

이 측정을 통해 사용자는 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B)에서 트리거 이벤트 비율을 계산할 수 있습니다. 보조 매개 변수는 **A**와 **B**입니다. 시작/정지는 **홀드/실행 (Hold/Run)** 버튼을 전환하여 수동으로 제어하고, 카운팅 레지스터는 **재시작 (Restart)**을 눌러 재설정됩니다.

합계 (Totalize) 및 준비 (Arming)

준비 (Arming)를 **합계 (Totalize)**와 함께 사용하면 채널 **A**, **B** 또는 **E**에 적용된 외부 신호가 포함된 게이트를 열고 닫을 수 있습니다. 이러한 방법으로 시작/정지에 대한 채널, 기울기 및 지연 시간을 선택하여 **합계 A 시작/정지 기준 B (TOT A Start/Stop by B)**, **합계 A-B 게이트 기준 E (TOT A-B Gated by E)** 및 **합계 B 시간 기준 A (TOT B Timed by A)**와 같은 기능에 액세스할 수 있습니다.

수동 **합계 (Totalize)** 기능과 달리 준비된 합계 기능에는 차단 및 페이싱 제어가 허용됩니다. 따라서 통계 기능은 모두 사용할 수 있습니다. 각 정지 조건 이후에 새 결과가 표시됩니다.

주석노트. 시작 준비를 설정할 경우 입력 A (Input A), 입력 B (Input B), 입력 E (Input E) 또는 시간에서 정지 준비 조건도 설정해야 합니다.

예제: 준비 매개 변수는 **설정 > 준비 (Settings > Arm)** 메뉴에 있습니다.

위의 **합계 (Totalize)** 기능을 설정하려면 다음을 수행합니다.

합계 A, 시작/정지 기준 B:

1. 측정 (Meas) 메뉴에서 **합계 (Totalize)**를 선택한 다음 **A**를 선택합니다.
2. 측정할 신호를 입력 A (Input A)에 연결합니다.

3. 입력 A (Input A)에 대한 트리거 레벨을 적합한 값으로 수동 설정합니다.
4. 입력 B (Input B)에 제어 신호를 연결합니다.
5. 입력 B (Input B)에 대한 트리거 레벨을 적합한 값으로 수동 설정합니다.
6. **설정 > 준비 (Settings > Arm)**를 누르고 다음 매개 변수를 설정합니다.
 - 샘플/블록 준비: 각 이벤트 또는 각 이벤트 블록(분석 (Analysis) 모드)을 준비해야 하는지 결정합니다.
 - 시작 채널: B를 선택합니다.
 - 시작 기울기: 포지티브 기울기를 선택합니다(상승 에지 기호로 표시).
 - 시작 지연: 제어 신호와 실제 게이트 열기 작업 사이에 지연(10ns - 2s)을 삽입해야 하는지 확인합니다.
 - 정지 지연: 게이트가 정지 채널에서 제어 신호에 응답하지 않는 지연(10ns - 2s)을 삽입해야 하는지 확인합니다. 주로 릴레이 컨택 바운스가 게이트를 조기에 닫는 것을 방지하는 데 적용됩니다.
 - 정지 채널: B를 선택합니다.
 - 정지 기울기: 포지티브 기울기를 선택합니다(상승 에지 기호로 표시).

합계 A-B 게이트 기준 E:

1. 측정 > 합계 > A-B (Meas > Totalize > A-B)를 누릅니다.
2. 측정할 신호를 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B)에 연결합니다.
3. 입력 A, B (Input A, B)에 대한 트리거 레벨을 적합한 값으로 수동 설정합니다.
4. 입력 E (Input E)에 제어 신호(TTL 레벨)를 연결합니다.
5. **설정 > 준비 (Settings > Arm)**를 누르고 다음 매개 변수를 설정합니다.
 - 샘플/블록 준비: 각 이벤트 또는 각 이벤트 블록(통계 (STATISTICS) 모드)을 준비해야 하는지 결정합니다.
 - 시작 채널: E를 선택합니다.
 - 시작 기울기: 포지티브 기울기를 선택합니다(상승 에지 기호로 표시).
 - 시작 지연: 제어 신호와 실제 게이트 열기 작업 사이에 지연(10ns - 2s)을 삽입해야 하는지 확인합니다.
 - 정지 지연: 게이트가 정지 채널에서 제어 신호에 응답하지 않는 지연(10ns - 2s)을 삽입해야 하는지 확인합니다. 주로 릴레이 컨택 바운스가 게이트를 조기에 닫는 것을 방지하는 데 적용됩니다.
 - 정지 채널: E를 선택합니다.
 - 정지 기울기: 네거티브 기울기를 선택합니다(하강 에지 기호로 표시).

합계 B 시간 기준 A: 이 기능을 사용하여 정확한 게이트 시간의 시작을 외부 이벤트로 동기화할 수 있습니다.

1. 측정 > 합계 > B (Meas > Totalize > B)를 누릅니다.
2. 측정할 신호를 입력 B (Input B)에 연결합니다.

3. 입력 B (Input B)에 대한 트리거 레벨을 적합한 값으로 수동 설정합니다.
4. 입력 A (Input A)에 제어 신호를 연결합니다.
5. 입력 A (Input A)에 대한 트리거 레벨을 적합한 값으로 수동 설정합니다.
6. **설정 > 준비 (Settings > Arm)**를 누르고 다음 매개 변수를 설정합니다.
 - 샘플/블록 준비: 각 이벤트 또는 각 이벤트 블록(통계 (STATISTICS) 모드)을 준비해야 하는지 결정합니다.
 - 시작 채널: **A**를 선택합니다.
 - 시작 기울기: 포지티브 기울기를 선택합니다(상승 에지 기호로 표시).
 - 시작 지연: 제어 신호와 실제 게이트 열기 작업 사이에 지연(10ns - 2s)을 삽입해야 하는지 확인합니다.
 - 정지 지연: 측정 시간을 10ns와 2s 사이로 설정합니다.
 - 정지 채널: **시간**을 선택합니다.

전압 측정

V_{MAX} , V_{MIN} 및 V_{PP}

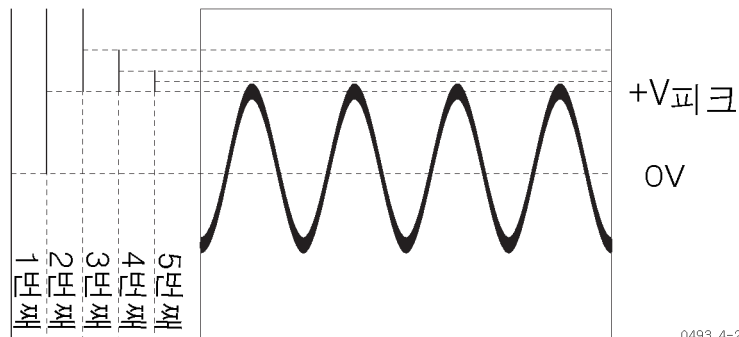
장비는 DC 입력 전압(자동으로 선택된 두 범위 $-50V \sim +50V$) 및 1Hz와 300MHz 사이에서 반복되는 신호에서 입력 전압 레벨 V_{MAX} , V_{MIN} 및 V_{PP} 를 측정할 수 있습니다. 측정의 정확도는 판독값의 약 1%입니다.

측정 > 볼트 (Meas > Volt)를 눌러 전압 측정 메뉴를 엽니다.

기본 주파수 하한은 20Hz이지만 **설정 > 기타 (Settings > Misc)** 메뉴를 사용하여 1Hz와 50kHz 사이로 한계를 변경할 수 있습니다. 주파수 하한이 높아지면 측정 속도가 빨라집니다.

전압 측정을 선택하면 전체 해상도를 사용하여 해당 측정이 큰 숫자로 표시됩니다. 다른 측정은 디스플레이 하단을 따라 작은 숫자로 표시됩니다.

전압 측정은 일련의 트리거 레벨 설정을 수행하고 장비가 트리거할 시기를 감지하여 확인됩니다.



V_{RMS}

입력 신호의 파형(사인, 삼각형, 구형)이 파악되면 피크(V_p) 및 RMS(V_{rms}) 값의 지수(Q_{CF})로 정의되는 크레스트울을 사용하여 연산 기능 $K * X + L$ 에서 상수 K 를 설정할 수 있습니다. V_{pp} 가 주 매개 변수라고 가정하면 디스플레이에는 입력 신호의 실제 V_{rms} 값이 표시됩니다.

$$V_{rms} = \frac{1}{2Q_{cf}} V_{pp}$$

예를 들어 사인파의 크레스트울은 $1.414(\sqrt{2})$ 이므로 위의 공식에서 상수는 0.354가 됩니다. 이렇게 설정하려면

1. **연산/한계 > 연산 > 연산(끄기) > $K * X + L$ (Math/Limit > Math > Math(Off) > $K * X + L$)**을 누릅니다.
2. K 를 누르고 **0.354**를 입력합니다.
3. L 상수가 기본 설정인 **0(제로)**으로 설정되어 있는지 확인합니다.
4. 디스플레이 아래에 있는 메뉴 소프트웨어를 사용하여 선택한 항목을 확인하고 메뉴를 종료합니다.

입력이 AC 커플되고 V_{pp} 를 선택한 경우 디스플레이에는 사인파 입력의 RMS 값이 표시됩니다.

DC 전압에서 사인파가 겹치는 경우 다음과 같이 RMS 값을 구합니다.

$$0.354 * V_{pp} + V_{DC}$$

V_{DC} 를 알 수 없으면 다음과 같이 구할 수 있습니다.

$$V_{rms} = \frac{V_{MAX} - V_{MIN}}{2}$$

DC 전압에서 겹쳐진 사인파의 RMS 값을 표시하려면 위의 예제를 따르지만 $L = V_{DC}$ 를 설정합니다.

연산 및 통계 측정

장비는 평균화, 연산 및 통계 사후 처리 기능을 제공합니다. 이러한 기능을 별도로 사용하거나 조합할 수 있습니다.

평균화

주파수 및 주기 평균 측정은 평균화된 측정 결과에 대해 하드웨어 기반 평균화(여러 전체 입력 신호 사이클에서 클럭 펄스 카운팅)를 사용합니다. 다른 모든 측정은 소프트웨어 기반 평균 방법을 사용하여 측정 평균을 계산합니다. 주파수 및 주기 평균을 제외한 측정에 대해 평균화된 결과를 표시하려면 통계 수치 모드를 사용합니다.

설정 > 측정 시간 (Settings > Meas Time)을 사용하면 측정 시간을 설정할 수 있습니다(범위는 20ns~1000s, 해상도는 20ns, 기본값은 200ms). 측정 시간을 늘리면 더 많은 숫자가 표시되지만(해상도가 높아짐) 초당 측정 횟수가 줄어듭니다. 측정 시간은 **주파수 및 주기 평균** 측정에만 적용할 수 있습니다.

기본 측정 시간 (Meas Time) 설정에는 11자리 숫자가 표시되고 초당 4~5번의 측정이 제공됩니다.

주석노트. 가장 적은 측정 시간(20ns)을 신속하게 선택하려면 0을 입력하십시오. 그러면 장비에서 20ns가 자동으로 선택됩니다.

연산

장비에는 다섯 가지 사전 정의된 연산 수식이 있어 이 수식을 사용하여 화면에 값을 표시하기 전에 측정 결과를 처리할 수 있습니다. 사용 가능한 연산 수식은 다음과 같습니다.

- $K * X + L$
- $K / X + L$
- $(K * X + L) / M$
- $(K / X + L) / M$
- $X / M - 1$

이러한 식은 **연산/한계 > 연산 (Math/Limit > Math)** 하위 메뉴에 있습니다.

X는 측정 결과에 대한 자리표시자입니다. **연산 (Math)**을 활성화하고 나면 측정 결과에 직접 영향이 미치지 않도록 K, L 및 M에 대해 기본값이 선택됩니다. 기본 초기 상태 설정을 호출하면 이 값도 복원됩니다.

예를 들어 주파수 자체를 측정하지 않고 특정 초기 주파수에서 편차를 측정하려면 다음을 수행합니다.

1. 사용자 옵션 > 저장/호출 > 설정 호출 > 기본값 (User Opt > Save/Recall > Recall Setup > Default)을 눌러 기본값 설정을 호출합니다.
2. 측정할 신호를 입력 A (Input A)에 연결합니다.
3. 자동 설정 (Auto Set)을 눌러 장비에서 직접 최적의 트리거 상태를 찾을 수 있게 합니다.
4. 연산/한계 > 연산 > L (Math/Limit > Math > L)을 누릅니다.
5. 다음 두 가지 방법 중 하나로 L 값을 설정할 수 있습니다.
 - 현재 측정 값이 사용자 목적에 적합하면 X_0 을 눌러 값을 상수 L로 전송합니다. 원하는 값을 설정할 때까지 X_0 을 반복해서 누를 수 있습니다.
 - 키패드를 사용하여 숫자 값을 수동으로 입력합니다.
6. 저장|종료 (Save|Exit)를 눌러 값을 확인하고 저장합니다.
7. 연산 (Math)을 누르고 $K \cdot X + L$ 수식을 선택합니다. 디스플레이에 입력한 값의 편차가 표시됩니다.

측정 결과의 스케일을 조정하려면 K 상수를 사용합니다.

결과를 상대 편차로 만들려면 $X/M-1$ 수식을 사용합니다.

통계

통계는 모든 측정에 적용할 수 있으며 연산 처리에서 결과를 적용할 수도 있습니다. 분석 (Analyze) 버튼을 눌러 통계 판독값에 액세스하여 전환합니다.

사용 가능한 통계 판독값은 다음과 같습니다.

- 최대: 샘플링된 모집단 N x_i 값 이내에서 최대 값을 표시합니다.
- 최소: 샘플링된 모집단 N x_i 값 이내에서 최소 값을 표시합니다.
- P-P: 샘플링된 모집단 N x_i 값 이내에서 피크-피크 편차를 표시합니다.
- 평균(주 측정 판독값의 일부): 샘플링된 모집단 N x_i 값의 산술 평균 값(\bar{x})을 표시하고 다음과 같이 계산합니다.

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

- 표준 편차 (Std): 샘플링된 모집단 N 값의 표준 편차(s)를 표시하고 다음과 같이 계산합니다. 분산의 제곱근으로 정의됩니다.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

- 알란 편차 (Adev): 샘플링된 모집단 N 값의 알란 편차(σ)를 표시하고 다음과 같이 계산합니다. 알란 분산의 제곱근으로 정의됩니다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N-1} (X_{i+1} - X_i)^2}{2(N - 1)}}$$

통계 수식에서 숫자 N은 샘플 수이며, 2와 2×10^9 사이에 있는 정수 값입니다.

알란 편차 대 표준 편차

알란 편차는 샘플(측정값)을 단기간에 가져와 단기간 불안정(예: 일반적으로 지터 및 플루터로 인해 발생하는 불안정)을 특성화하는 데 사용되는 통계입니다. 인접해 있는 샘플을 연속해서 비교하여 수명, 온도 또는 유량으로 인해 장기 편이 드리프트에 영향을 미치지 않도록 하기 위함입니다.

더 익숙한 통계일 수 있는 표준 편차는 모집단에 있는 모든 샘플이 총 평균 값과 비교되므로 모든 편차 유형의 효과를 고려합니다.

알란 편차와 표준 편차 모두 주 측정으로 헤르츠(Hz) 또는 초와 같은 동일한 단위로 표시됩니다.

샘플링 매개 변수 설정

1. 설정 > 통계 (Settings > Stat)를 누릅니다.
2. 샘플 수 (No. of samples)를 누르고 숫자 버튼 또는 위쪽/아래쪽 화살표 버튼을 사용하여 값을 입력합니다. 저장/종료 (Save/Exit)를 눌러 값을 저장합니다.
3. 히스토그램 표시를 위해 빈 수 (No. of Bins)를 누르고 값을 입력합니다. 저장/종료 (Save/Exit)를 눌러 값을 저장합니다.
4. 페이싱 시간 (Pacing time)을 눌러 값(범위는 $2\mu\text{s}$ ~500s, 기본값은 20ms)을 입력합니다. 페이싱 매개 변수가 샘플링 간격을 설정합니다.
5. 페이싱 끄기 (Pacing Off)를 눌러 페이싱 켜기 (Pacing On)로 변경하여 설정된 페이싱 시간을 활성화합니다. 페이싱 끄기 (Pacing Off) 상태는 최소 지연으로 지정된 샘플 수를 가져왔음을 의미합니다.
6. 홀드/실행 (Hold/Run)을 눌러 측정 프로세스를 정지합니다.
7. 재시작 (Restart)을 눌러 데이터 캡처를 시작합니다.
8. 분석 (Analyze)을 눌러 다양한 통계 프레젠테이션 모드 각각에서 측정 결과를 봅니다.

주석노트. 장비는 전체 데이터 캡처가 수행될 때까지 화면에서 중간 결과를 업데이트합니다.

통계 및 측정 속도

통계를 사용할 경우 측정을 수행하는 데 너무 오래 걸리지 않도록 주의해야 합니다. 1000개의 샘플을 기반으로 하는 측정의 경우 1000번의 측정이 모두 수행될 때까지 전체 통계 보고서가 제공되지 않습니다. 장비 설정이 최적이지 아닌 경우 통계 측정을 표시하는 데 시간이 오래 걸릴 수 있습니다.

다음은 통계 측정 프로세스의 속도를 향상시키는 몇 가지 팁입니다.

- 자동 트리거를 사용하지 마십시오. 자동 트리거 모드에서 장비는 각 측정 이전에 트리거 레벨을 계산합니다. 양호한 트리거 레벨을 확인하고 수동으로 설정하십시오.
- 필수 해상도에 필요한 측정 시간보다 오래 사용하지 마십시오.
- 애플리케이션에서 장기간 동안 데이터 수집이 필요하지 않은 경우 단기 페이싱 시간(측정 간격)을 사용해야 합니다.

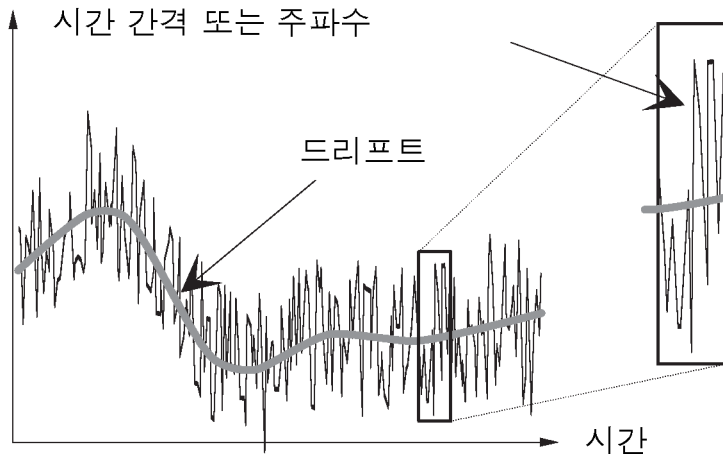
주석노트. 측정 프로세스를 진행하는 동안 장비에는 중간 결과가 표시됩니다.

장기 또는 단기 불안정 확인

통계 측정을 수행할 경우 측정 목적에 따라 측정 시간을 선택해야 합니다. 예를 들어 지터 또는 단기(사이클 대 사이클) 변형의 경우 샘플을 단일 측정값으로 사용해야 합니다.

평균이 사용되는 경우(주파수 또는 주기 평균만 해당) 설정된 측정 시간이 입력 신호의 주기보다 낮지 않으면(최대 160MHz) 통계 계산에 사용되는 샘플은 이미 평균화되어 있습니다. 2로 프리스케일링한 이 주파수보다 높은 값이 도입되면 그 결과 특정 평균화 양이 됩니다. 중간 또는 장기 불안정을 측정할 경우 매우 유용할 수 있습니다. 여기에서는 작업이 원활한 기능으로 평균화되고 지터 효과가 없어 집니다.

다음 그림에서는 신호에 느린 신호 변형과 지터가 포함되어 있습니다. 지터를 측정할 경우 느린 변형이 측정에 상당한 영향을 미치지 않도록 제한된 샘플 수를 사용해야 합니다. 또는 이러한 종류의 측정의 경우 알란 편차 통계 측정을 사용할 수 있습니다.



0493_6-1

느린 변형을 측정하려면 긴 평균 샘플 집합에서 최대, 최소 또는 평균 값을 계산합니다. 평균화하면 각 샘플에서 지터가 제거되며, 긴 측정 시간과 많은 샘플 수는 측정이 매우 느린 변형을 기록할 수 있음을 의미합니다. 최대 페이싱 시간은 500s이며, 각 샘플에 대한 최대 측정 시간은 1000s이고, 최대 샘플 수는 2×10^9 개입니다.

통계 및 연산

장비를 사용하면 화면이나 버스에 측정된 값이 표시되기 전에 해당 값에서 연산 작업을 수행할 수 있습니다. 특정 측정 설정을 위해 체계적 측정 불확실성을 측정할 수 있으며, 필요한 보정 상수를 적절한 연산 작업에 입력할 수 있습니다. 이렇게 하면 통계가 올바른 측정 값에 적용됩니다.

신뢰 한계

표준 편차 결과를 사용하여 측정의 신뢰 한계를 계산할 수 있습니다.

$$\text{신뢰 한계} = \pm ks_x$$

여기서

$$s_x = \text{표준 편차}$$

$$k = \text{신뢰 수준이 68.3\%인 경우 } 1(1\sigma - \text{한계값})$$

$$k = \text{신뢰 수준이 95.5\%인 경우 } 2(2\sigma - \text{한계값})$$

$$k = \text{신뢰 수준이 99.7\%인 경우 } 3(3\sigma - \text{한계값})$$

신뢰 한계 계산 예제: 다음 예제에서는 100 μ s 시간 간격 측정의 신뢰 한계를 계산합니다. 수치 통계 모드를 사용하여 시간 간격의 평균 값과 표준 편차를 읽어 봅니다. 안정된 관독값을 얻을 수 있도록 샘플을 충분히 사용합니다. 시작 및 정지 트리거 전환 속도가 빠르고 해당 전환이 측정 불확실성에 기여하지 않는다고 가정합니다.

장비에 평균 값 100.020 μ s와 표준 편차 50ns가 표시됩니다.

따라서 95.5%의 신뢰 한계는 $\pm 2s_x (= \pm 2 * 50\text{ns}) = \pm 100\text{ns}$ 입니다.

그러면 3 σ 한계는 $\pm 3 * 50\text{ns} = \pm 150\text{ns}$ 이 됩니다

지터 측정

통계는 펄스 신호의 단기 타이밍 불안정(지터)을 쉽게 확인하는 방법을 제공합니다. 지터는 보통 rms 값과 함께 지정됩니다. 이 값은 단일 측정을 기반으로 하는 표준 편차와 동일합니다. 장비는 직접 rms 지터를 측정하고 표시할 수 있습니다.

그렇지 않으면 평균 값의 표준 편차를 측정할 수 있습니다. rms 값은 지터를 정량화하는 좋은 측정값이지만 측정 값 분포에 대한 정보를 제공하지 않습니다.

디자인을 개선하려면 분포를 분석해야 할 수 있습니다. 장비의 통계 분석 기능을 사용하여 추세 분석을 측정합니다. **분석 (Analyze)** 버튼을 눌러 숫자 및 그래프 통계 프레젠테이션 모드를 단계별로 수행합니다.

원격 컨트롤러(GPIB 또는 USB)와 옵션 TimeView™ 변조 도메인 분석 소프트웨어 애플리케이션을 사용하여 뛰어난 분석의 다양한 기능을 얻을 수 있습니다.

한계 테스트

한계 모드를 사용하면 장비는 효율적인 경보 조건 모니터(한계 테스터) 역할을 수행합니다. 실시간으로 측정 결과를 모니터링하고 한계 조건이 초과되면 수행할 조치를 설정할 수 있습니다. **연산/한계 > 한계 (Math/Limit > Limits)**를 눌러 한계 (Limits) 메뉴를 엽니다.

하한 (Lower Limit)과 상한 (Upper Limit) 메뉴 항목을 사용하여 한계 테스트 레벨을 설정합니다.

한계 동작

장비가 한계 교차에 응답하는 방법을 설정하려면 **한계 동작 (Limit Behavior)**을 누릅니다. 사용 가능한 한계 응답 동작은 다음과 같습니다.

- **끄기 (Off)**: 작업을 수행하지 않습니다. LIM 표시기가 나타나지 않습니다.
- **캡처 (Capture)**: 한계 설정을 초과하는 측정을 캡처하고 LIM 표시기가 깜박거립니다. 계속 측정을 수행합니다. 테스트 기준을 충족하는 샘플만 통계 표시의 모집단에 포함됩니다.
- **경보 (Alarm)**: LIM 표시기가 깜박거리고 계속 측정을 수행합니다. 한계를 벗어난 샘플을 비롯한 모든 샘플이 통계 표시의 모집단에 포함됩니다.
- **Alarm_stop**: LIM 표시기가 깜박거리고 측정이 정지됩니다(장비를 홀드 상태로 설정). 장비에는 한계 감지기가 트리거하도록 유발한 측정이 표시됩니다. 경보 조건 이전에 수행된 샘플만 통계 표시의 모집단에 포함됩니다.

경보 조건은 GPIB 버스에 SRQ 기능을 사용하여 감지할 수도 있습니다. FCA3000, FCA3100 및 MCA3000 시리즈 프로그래머 설명서를 참조하십시오.

한계 테스트 모드

세 가지 한계 테스트 모드는 다음과 같습니다.

- **초과 (Above)**: 설정된 하한을 넘는 측정은 통과됩니다. 화면에서 LIM 기호가 깜박이면 측정을 시작한 이후로 하한보다 낮은 측정 결과가 적어도 한 번 이상 있었음을 나타냅니다. LIM 기호를 깜박이지 않는 상태로 재설정하려면 **재시작 (Restart)**을 사용합니다.
- **미만 (Below)**: 설정된 상한 미만의 측정은 통과됩니다. 화면에서 LIM 기호가 깜박이면 측정을 시작한 이후로 상한보다 높은 측정 결과가 적어도 한 번 이상 있었음을 나타냅니다. LIM 기호를 깜박이지 않는 상태로 재설정하려면 **재시작 (Restart)**을 사용합니다.
- **범위 (Range)**: 지정된 한계 내에 있는 측정은 통과됩니다. 화면에서 LIM 기호가 깜박이면 측정을 시작한 이후로 하한보다 낮거나 상한보다 높은 측정 결과가 적어도 한 번 이상 있었음을 나타냅니다. LIM 기호를 깜박이지 않는 상태로 재설정하려면 **재시작 (Restart)**을 사용합니다.

범위 (Range)를 선택하고 프레젠테이션 모드가 **값 (Value)**이면 한계와 관련하여 현재 측정 값에 대한 단순한 그래프이 숫자 값으로도 동시에 표시될 수 있습니다.

UL(상한)과 LL(하한)은 주 수치 표시 아래에 나타나는 수직 막대이며, 숫자 값은 막대 근처에 작은 값으로 표시됩니다.

이 그래픽 유형은 기존의 아날로그 포인터 장비와 유사하며, 여기서 웃는 얼굴 이모티콘은 측정값이 설정된 한계 내에 있음을 나타냅니다. 찡그린 얼굴 이모티콘은 측정값이 설정된 한계를 벗어났지만 디스플레이 영역 내에 있음을 나타냅니다. 디스플레이 영역에 있지 않은 측정값은 화면의 왼쪽 가장자리에 < 또는 오른쪽 가장자리에 >로 나타냅니다.

한계 범위가 화면 영역 중간의 1/3을 차지하도록 한계 표시기 막대의 위치는 고정됩니다. 즉, 해상도와 스케일 길이는 지정된 한계에 의해 설정됩니다.

한계 및 분석 모드

한계 테스트를 추이 도표와 히스토그램에 적용할 수 있습니다(분석 모드). 추이 도표와 히스토그램에서 한계를 사용하면 자동 스케일링이 금지되고 도표의 스케일 길이와 해상도를 간접적으로 설정할 수 있습니다.

준비

장비가 지정된 입력 신호에서 변화를 탐지하면 준비 (Arming)는 측정 획득을 시작하거나 정지합니다. 사용 가능한 준비 유형은 준비 시작 (Arm Start)과 준비 정지 (Arm Stop)입니다(설정 > 준비 (Settings > Arm)) 메뉴에 있음).

준비는 다음과 같이 좀 더 복잡한 신호에서 주파수를 측정할 경우 유용합니다.

- 싱글 샷 이벤트 또는 비순환 신호
- 펄스 폭 또는 펄스 위치가 달라질 수 있는 펄스 신호
- 주파수 변형 대비 시간이 적용된 신호(프로파일링)
- 복잡한 파형 신호에서 선택한 부분

준비는 장비가 준비 입력(입력 A (Input A), 입력 B (Input B) 또는 입력 E (Input E))에서 적절한 신호 기울기를 탐지하면 발생합니다. 또한 시작 준비 탐지의 지연 시간을 실제로 측정을 수행할 시기로 설정하고, 정지 준비 조건(기울기 및 지연 시간)이 측정 주기를 연장하도록 설정할 수 있습니다.

지침

- 준비 시작 (Arm Start)은 주파수 버스트 (Frequency Burst), 비율 (Ratio) 및 볼트 (Volt)를 제외한 모든 측정값과 함께 사용할 수 있습니다. 평균 측정값으로 시작 준비를 사용할 경우 첫 번째 샘플의 시작만 제어됩니다.
- 준비 정지 (Arm Stop)는 주파수 버스트 (Frequency Burst), 비율 (Ratio), 볼트 (Volt) 및 상승/하강 시간 (Rise/Fall Time)을 제외한 모든 측정값과 함께 사용할 수 있습니다.
- 준비는 정상적인 자유 실행 모드를 비활성화합니다. 즉, 장비가 올바른 시작 준비 신호 조건을 탐지해야 측정이 수행됩니다.
- 시작 또는 정지 준비 소스에 입력 A (Input A), 입력 B (Input B), 입력 E (Input E)(후면 패널에 있음)를 사용할 수 있습니다. 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B)에 대한 주파수 범위는 160MHz이며, 입력 E (Input E)에 대한 주파수 범위는 80MHz입니다(TTL 레벨).
- 신호에서 준비 조건이 160MHz보다 낮은 주파수에서 발생하지 않는 한, 준비 신호로 입력 A (Input A) 또는 입력 B (Input B)를 사용하는 준비 측정은 160MHz 신호로 제한됩니다.

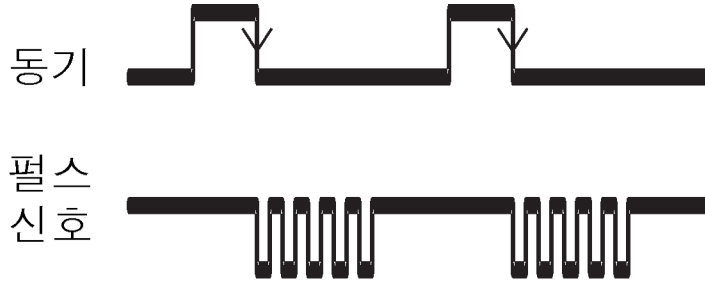
시작 및 정지 준비

준비 시작 (Arm Start)

준비 시작 (Arm Start)은 오실로스코프에서 외부 트리거와 같은 역할을 합니다. 준비 시작은 실제 측정 시작을 신호 이벤트에 동기화합니다. 준비 시작 (Arm Start) 기능을 사용하여 준비 펄스와 관련된 측정 시작을 지연시킬 수도 있습니다. 준비 시작 (Arm Start)은 측정을 위해 단독으로 사용하거나, 시간이 오래 걸리는 측정을 수행하기 위해 준비 정지 (Arm Stop)와 조합할 수 있습니다.

사용 가능한 준비 시작 매개 변수는 채널, 기울기 및 지연입니다.

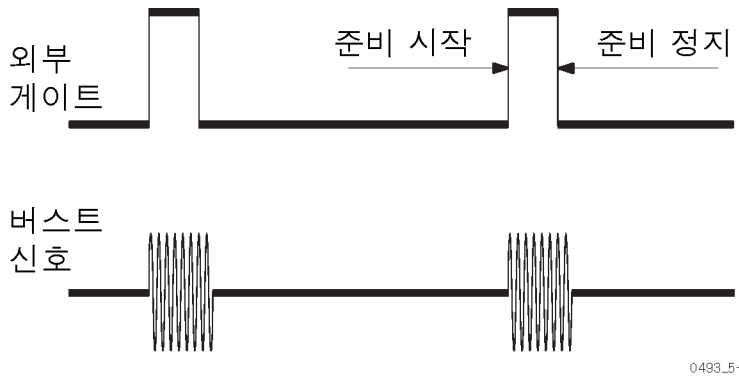
펄스형 RF, 펄스 버스트, TV 회선 신호 또는 스위치 신호와 같은 복잡한 파형을 생성하는 신호 소스는 종종 스위치 시작, RF 버스트 길이 또는 TV 회선 시작과 동시에 발생하는 동기 신호를 생성합니다. 이 동기 신호를 사용하여 장비를 준비할 수 있습니다.



준비 신호와 관련하여 시작 준비 포인트를 지연시킬 수 있습니다. 외부 준비 신호가 관심 있는 신호 부분과 동시에 발생하지 않으면 이 기능을 사용합니다. 시간 지연 범위는 설정 해상도 10ns에서 20ns부터 2s까지입니다.

준비 정지 (Arm Stop)

준비 정지 (Arm Stop)는 장비가 준비 입력 신호에서 지정된 기울기가 적용된 레벨 편이를 탐지할 경우 측정을 멈춥니다. 준비 시작 (Arm Start)과 준비 정지 (Arm Stop)를 결합하면 측정 게이트 기능이 발생하여 총 측정 기간이 설정됩니다. 예를 들어 준비 시작/정지 조합을 사용하여 펄스형 RF 신호 주파수를 측정합니다. 여기서 시작/정지 조건은 버스트 내부에 있습니다.



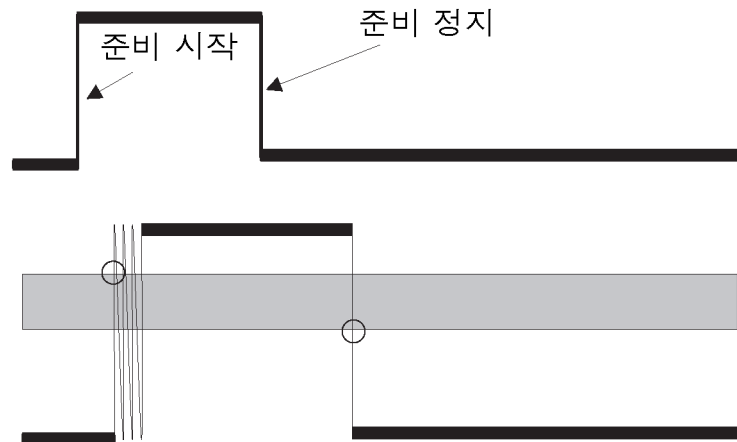
사용 가능한 준비 정지 매개 변수는 채널, 기울기 및 지연입니다.

주석노트. FCA3100 시리즈 장비에서는 합계 (Totalize) 기능을 통해서만 준비 > 정지 지연 (Arm > Stop Delay) 시간을 사용할 수 있습니다.

준비 시작/정지 및 버스트 측정

준비 시작/정지 조건을 사용하여 수행되는 버스트 측정에서는 정상적인 주파수 측정 모드가 사용됩니다. 하지만 준비 조건을 사용하여 수행되지 않는 버스트 측정은 자체 동기화 주파수 버스트 모드로 수행됩니다. 이 경우 장비는 최선을 다해 펄스 버스트에서 동기화를 수행합니다.

시간 간격 측정에서 정지 준비 신호를 일종의 "외부 트리거 홀드오프 신호"로 사용할 수 있습니다. 이때 외부 기간 중 정지 트리거링을 차단합니다.



0493_5-3

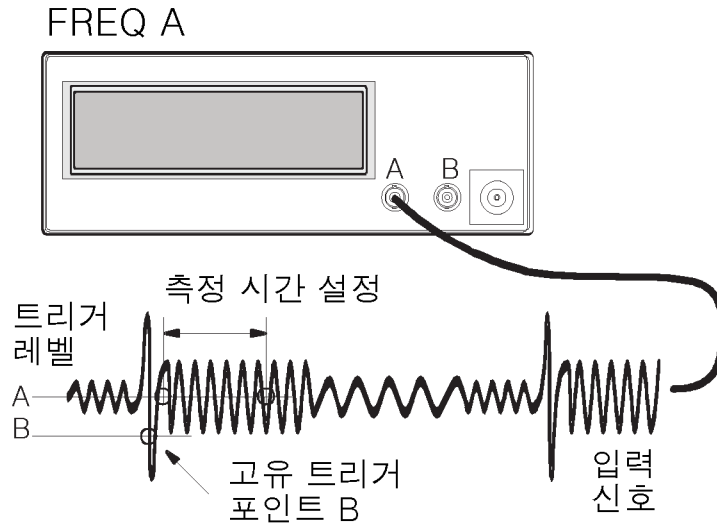
준비 입력 신호

입력 E(Input E)(후면 패널에 있음)는 정상 준비 입력으로 TTL 레벨을 보유한 준비(동기) 신호에 적합합니다. 트리거 레벨은 1.4V에서 고정되며 변경할 수 없습니다. 트리거 기울기는 포지티브 또는 네거티브로 설정할 수 있습니다.

준비 신호가 측정 신호 중 하나인 경우 모든 단일 또는 이중 채널 측정을 위해 입력 A (Input A) 또는 입력 B (Input B)를 준비 입력으로 사용할 수도 있습니다. 이러한 입력은 준비 신호에 TTL 레벨이 없는 경우 더 적합합니다. 모든 입력 A (Input A)와 입력 B (Input B) 컨트롤(예: AC/DC, 트리거 레벨, 50Ω/1MΩ 등)은 준비 신호 조건을 지정하는 데 사용할 수 있습니다.

측정 신호를 준비 신호로 사용

고유한 트리거 포인트를 보유한 복잡한 신호에서 시간 또는 주파수 측정을 수행할 경우 측정 신호가 장비를 "자동 준비"할 수 있도록 Input B 준비를 사용할 수 있습니다. 다음 예에서는 신호가 지정된 전압 레벨에 도달한 이후에 신호 주파수를 측정하도록 장비를 설정합니다.

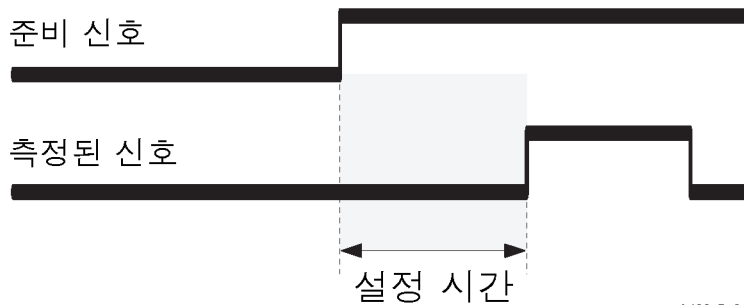


0493_5-4

1. 신호를 입력 A (Input A)와, 전원 분할기가 있는 입력 B (Input B)에 연결합니다.
2. 입력 A (Input A)를 누르고 관심있는 파형 섹션을 측정하도록 설정을 조정합니다.
3. 입력 B (Input B)를 누르고 고유한 트리거 포인트를 탐지하도록 설정을 조정합니다. 특정 레벨을 설정하려면 DC 커플링과 수동 트리거링을 사용합니다.
4. 설정 > 준비 (Settings > Arm)를 누르고 준비를 활성화한 다음 탐지할 시작 기울기 (Start Slope)를 설정합니다. 필요한 경우 시작 지연 (Start Delay)을 사용합니다.
5. 관심 있는 신호 영역에 적절한 측정 시간을 설정합니다.

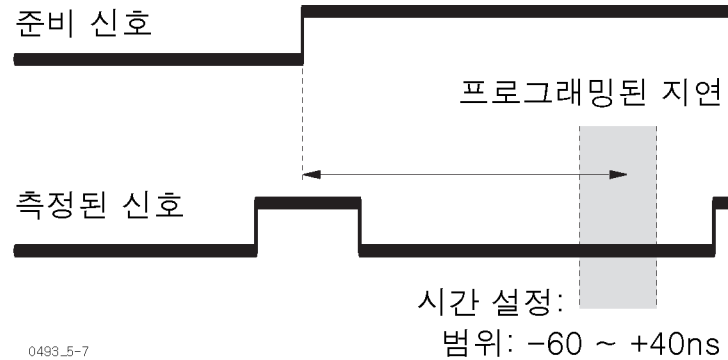
준비 및 설정 시간

준비 신호에서 변경을 탐지하려면 장비에 5나노초의 설정 시간이 필요합니다.



0493_5-6

준비 지연을 사용할 경우 설정 시간은 달라집니다. 다음 그림은 완료된 시간 지연에서부터 측정이 준비될 때까지의 시간을 보여줍니다(총 100ns 지연 해상도에서 -60~+40ns) 이 그림은 프로그래밍된 시간 지연이 완료되기 60나노초 전에 시작 트리거 신호가 나타나더라도 해당 신호를 탐지할 수 있음을 보여 줍니다. 시작 트리거 신호는 프로그래밍된 시간 지연이 완료되고 나서 40나노초 이후에 도착하여 측정의 올바른 시작을 보장해야 합니다.



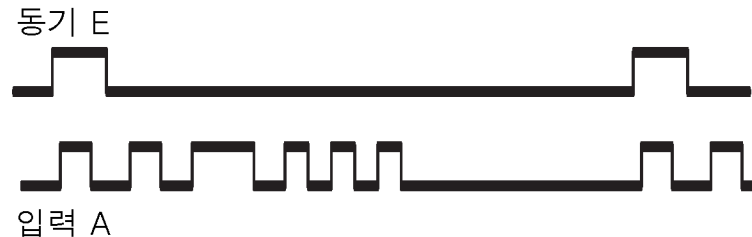
준비 예제

이 절에는 다양한 버스트 신호를 측정하는 방법에 대한 예제가 포함되어 있습니다. 처음 두 개의 예제에서는 버스트에서 선택한 포지티브 펄스의 펄스 폭을 측정하고, 세 번째 예제에서는 버스트에서 펄스 사이의 시간을 측정합니다. 적절한 측정값을 선택하여 버스트 신호의 주기, 상승 시간 또는 듀티 계수를 측정하고, 트리거 기울기를 변경하여 네거티브 펄스에서 측정할 수도 있습니다.

측정할 신호의 기본 매개 변수에 대해 알 수 없는 경우 오실로스코프를 사용하여 신호 매개 변수를 확인합니다. 이 매개 변수를 사용하면 장비 트리거 기울기, 준비 기울기 및 준비 지연을 설정할 수 있습니다.

준비 예제: 버스트에서 첫 번째 펄스 측정

이 예제에서는 반복 펄스 버스트에서 첫 번째 펄스의 폭을 측정하는 방법을 보여 줍니다. 이 예제에서는 TTL 레벨과의 동기화 신호(동기)도 사용할 수 있습니다. 처음에 설명된 신속하고 간단한 방법은 준비를 전혀 사용하지 않지만 장비가 자체적으로 내부 프로세스를 입력 신호로 동기화하려는 경향이 있다는 사실을 도출합니다.



작업은 측정 시작(시작 트리거)을 첫 번째 펄스의 선행 에지로 동기화하려고 합니다. 신호 타이밍에 따라 이 작업은 쉽거나, 어렵거나 또는 아주 어려울 수 있습니다.

준비 없이 자동 동기화: 준비 기능을 사용하지 않고 버스트 내부에서 펄스를 측정할 수 있습니다. 장비는 첫 번째 펄스의 트리거링으로 측정 시작을 자동으로 자동 동기화할 수 있습니다. 성공적으로 수행하기 위해 필요한 조건은 다음과 같습니다.

- PRF는 너무 높지 않으며, 50Hz 미만이 바람직하며 150Hz를 넘지 않습니다.
- 펄스 버스트 기간(첫 번째 펄스와 마지막 펄스 사이)은 본질적으로 그 다음 버스트에 대한 거리보다 짧아야 합니다.
- 버스트에서 펄스 수는 100보다 많아야 우발적인 미스카운트를 방지할 수 있습니다.

준비 없이 자동 동기화를 수행하려면 다음을 수행합니다.

1. 입력 A (Input A)에 버스트 신호를 연결합니다.
2. 버스트 신호가 장비를 올바르게 트리거할 때까지 수동 감도와 트리거 레벨을 설정합니다.
3. 측정 > 펄스 > 폭 포지티브 > A (Meas > Pulse > Width Positive > A)를 누릅니다.
4. 설정 > 통계 > 페이싱 (Settings > Stat > Pacing)을 눌러 페이싱 (Pacing)을 켜기 (On)로 설정합니다.
5. 설정 > 통계 > 페이싱 시간 (Settings > Stat > Pacing Time)을 누르고 버스트 사이의 시간 근처에 있는 값을 입력합니다.

이 접근 방법으로는 절대 동기화가 보장되지 않지만 자동 동기화가 작동하는 좋은 기회입니다. 하지만 경우에 따라 잘못된 값이 표시됩니다. 동기화를 보장하려면 시작 준비 (Start Arming) 기능을 사용하십시오.

시작 준비를 사용하여 버스트 펄스 동기화: 외부 동기 신호를 사용하여 측정을 준비할 수 있습니다. 이렇게 하려면 버스트에서 첫 번째 펄스의 선행 에지 이전에 동기 신호의 선행 에지가 5나노초 넘게 발생해야 합니다.(그림9 참조)



그림 9: 시작 준비를 사용하여 동기화

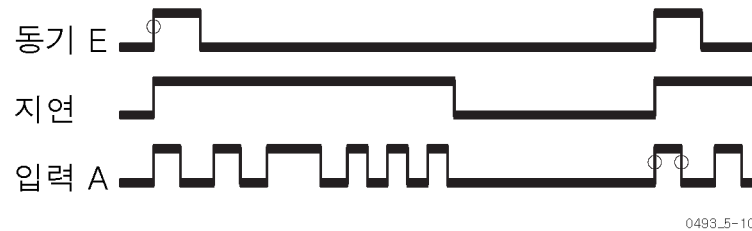
시작 준비를 사용하여 동기화를 수행하려면 다음을 수행합니다

1. 입력 E (Input E)(후면 패널에 있음)에 외부 동기 신호를 연결합니다.
2. 입력 A (Input A)에 버스트 신호를 연결합니다.
3. 트리거 레벨을 버스트 신호에 있는 트리거로 조정합니다.
4. 설정 > 준비 > 준비 켜기 > 샘플 (Settings > Arm > Arm On > Sample)을 누릅니다.
5. 시작 채널 > E (Start Chan > E)를 누릅니다.
6. 시작 지연 (Start Delay)을 눌러 값을 확인하거나 0으로 설정합니다.

7. 저장|종료 (Save|Exit)를 반복해서 눌러 기본 화면으로 돌아옵니다.
8. 측정 > 펄스 > 폭 포지티브 > A (Meas > Pulse > Width Positive > A)를 누릅니다.

준비 신호와 펄스 버스트의 첫 번째 펄스 간 시간차가 전혀 없거나 거의 없으면 그 다음 예제에서와 같이 준비를 지연과 결합해야 합니다.

시작 준비를 사용한 시간 지연과의 버스트 펄스 동기화: 펄스 버스트에 안정된 반복 주파수가 있으면 시작 준비를 시간 지연과 함께 사용하여 측정을 수행할 수 있습니다. 이 방법은 이전 버스트에 속한 동기 펄스를 사용하여 측정 시작을 동기화합니다. 다음 그림에서와 같이 시간 지연을 펄스 버스트의 기간보다 길고, 펄스 버스트의 반복 시간보다 짧은 시간으로 설정합니다.



0493_5-10

그림 10: 시작 준비를 사용한 시간 지연과의 동기화.

시작 준비를 사용하여 시간 지연과의 동기화를 수행하려면 다음을 수행합니다.

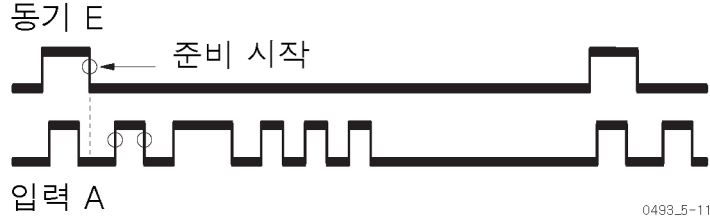
1. 입력 E (Input E)(후면 패널에 있음)에 외부 동기 신호를 연결합니다.
2. 입력 A (Input A)에 버스트 신호를 연결합니다.
3. 트리거 레벨을 버스트 신호에 있는 트리거로 조정합니다.
4. 설정 > 준비 > 준비 켜기 > 샘플 (Settings > Arm > Arm On > Sample)을 누릅니다.
5. 시작 채널 > E (Start Chan > E)를 누릅니다.
6. 시작 지연 (Start Delay)을 누르고 적합한 지연 값(펄스 버스트의 기간보다 길지만 펄스 버스트의 반복 시간보다는 짧은 값)을 입력합니다.
7. 저장|종료 (Save|Exit)를 반복해서 눌러 기본 화면으로 돌아옵니다.
8. 측정 > 펄스 > 폭 포지티브 > A (Meas > Pulse > Width Positive > A)를 누릅니다.

준비 예제: 버스트에서 두 번째 펄스 측정

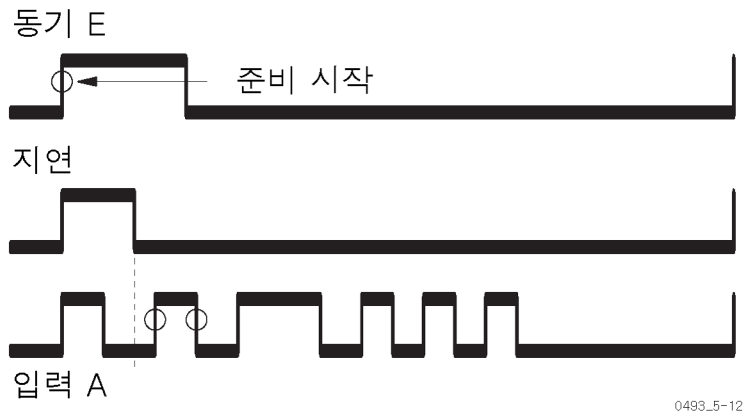
이 예제에서는 펄스 트레인에서 두 번째 펄스의 폭을 측정하는 방법을 보여 줍니다. 문제는 두 번째 펄스 시작으로 측정 시작을 동기화하는 방법입니다. 이 경우 자동 동기화(준비 기능 사용하지 않음)로는 작업할 수 없습니다. 자동 동기화는 버스트의 첫 번째 트리거 이벤트에서만 동기화를 수행합니다. 즉, 이 측정에서는 준비 기능을 사용해야 합니다.

버스트에 상대적인 동기 신호의 위치와 동기 기호의 기간에 따라 준비 지연을 사용하거나 사용하지 않고 측정을 수행할 수 있습니다. 동기 신호의 후행 에지가 첫 번째 펄스의 선행 에지 이후에 발생하지만 펄스 버스트에서 두 번째 펄스 이전에 발생한 경우 지연이 없는 정상적인 시작 준비를 사용할 수 있습니다.

입력 A (Input A)의 경우 포지티브 기울기, 입력 E (Input E)의 경우 네거티브 기울기에서 트리거링을 선택합니다. 활성 준비 채널에 대한 기울기는 **설정 > 준비 > 시작 기울기 (Settings > Arm > Start Slope)** 메뉴에 설정되어 있습니다. 다음 그림은 두 번째 펄스 이전에 동기 신호의 후행 에지가 나타나는 경우를 보여 줍니다.



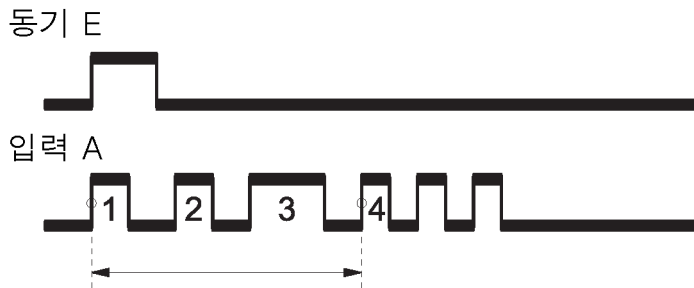
동기 펄스 타이밍이 위의 측정 예제에서와 같이 적합하지 않은 경우, 예를 들어 동기 신호의 후행 에지가 너무 나중인 경우 다음 그림과 같이 시간 지연과 준비를 조합합니다.



이전 예제에서와 동일한 절차를 사용하지만 첫 번째와 두 번째 펄스 사이의 차이에서 지연이 완료되도록 적합한 **시작 준비 지연 (Start Arm Delay)**을 설정하십시오.

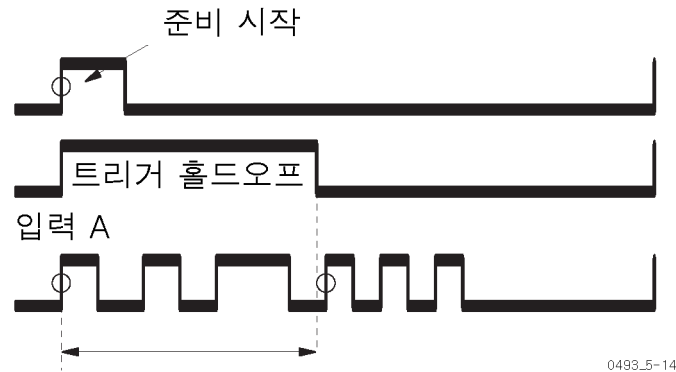
준비 예제: 버스트에서 펄스 사이의 시간 측정

이전 예제에서 동기화 작업은 측정 시작을 식별했으며 싱글 샷 시간 간격 측정을 수행했습니다. 다음 예제에서는 그림과 같이 버스트에서 첫 번째 펄스와 네 번째 펄스의 상승 에지 사이의 시간을 측정합니다. 이렇게 하려면 시작 시간과 정지 시간 모두에서 측정을 수행하도록 설정해야 합니다.



이러한 유형의 측정에서는 **A부터 A까지 시간 간격 (Time Interval A to A)** 기능과 Input B의 신호를 사용하여 정지 조건을 제어합니다. 작업은 이 측정의 시작과 정지 모두를 준비하기 위함입니다. 시작 준비는 이미 첫 번째 준비 예제(첫 번째 펄스의 선행 에지로 측정 시작 동기화)에 이미 설명되어 있습니다. 문제는 측정 정지를 동기화하는 것입니다(정지 준비). 이 작업은 다음 방법 중 하나를 사용하여 수행할 수 있습니다.

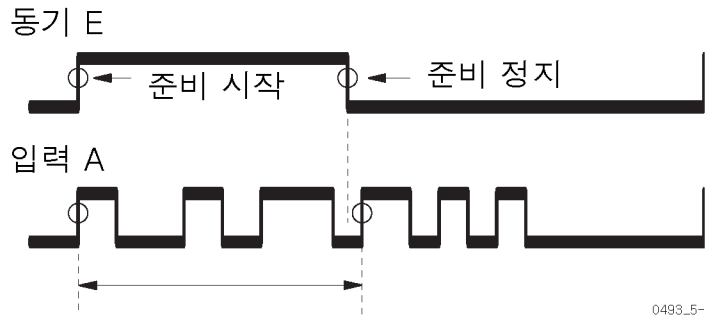
트리거 홀드오프를 사용하여 특정 시간 동안 정지 지연: 트리거 홀드오프는 사전 설정된 시간 동안 정지 트리거링을 금지하는 데 사용됩니다. 홀드오프 기간은 시작 트리거 이벤트와 동기화하여 시작됩니다. 홀드오프 시간은 펄스 번호 3과 번호 4 사이의 임의의 위치에서 만료되도록 설정해야 합니다.



이전 예제에서와 동일한 테스트 설정을 사용합니다. 그런 다음 다음과 같이 계속 진행합니다.

- 측정 (Meas) 버튼을 누르고 **A부터 A까지 시간 간격 (Time Interval A to A)**을 선택합니다.
- 입력 B (Input B)를 누르고 포지티브 기울기와 적합한 트리거 레벨을 선택합니다.
- 설정 > 트리거 홀드오프(켜기) (Settings > Trigger Hold Off (On))를 누르고 적합한 홀드오프 시간을 입력합니다.
- 예제 #1에서의 시작 준비 조건이 유지되는지 즉, 준비 지연이 없는지 확인합니다.
- 신호를 측정합니다.

정지 준비(외부 홀드오프)를 사용하여 정지 지연: 지금까지 이 예제에서 동기 신호는 시작 준비 신호용으로만 사용했습니다. 즉, 측정 트리거링은 기간이 아닌 동기 신호의 선행 에지에만 집중했습니다. 하지만 동기 신호는 동기 신호의 후행 에지에서 정지 준비를 사용하여 외부 트리거 홀드오프로 사용할 수도 있습니다. 동기 펄스의 기간이 외부에서 변화할 수 있는 경우 다음 그림에서와 같이 세 번째 펄스와 네 번째 펄스 사이의 차이에서 만료되는 기간을 선택합니다.



0493_5-15

이전 예제에서와 동일한 테스트 설정을 사용합니다. 그런 다음 다음과 같이 계속 진행합니다.

1. 설정 > 준비 > 정지 채널 > E (Settings > Arm > Stop Chan > E)를 누릅니다.
2. 정지 기울기 > 하강 (Stop Slope > Falling)을 누릅니다.
3. 신호를 측정합니다.

준비 및 프로파일링

프로파일링은 시간의 흐름에 따른 주파수 측정을 의미합니다. 이에 대한 예로 시간에 따른 단일 소스의 준비 드리프트 측정, 초 단위로 주파수 스위프의 선형성 측정, 밀리초 단위의 VCO 전환 특성 또는 마이크로초 주기로 소리가 나는 레이더 펄스 내부의 주파수 변경 등이 있습니다.

이러한 장비는 여러 가지 프로파일링 측정 상황을 처리할 수 있지만 몇 가지 제한 사항이 있습니다. 이론상 프로파일링은 수동으로, 즉 개별 측정 결과를 읽고 그래프를 도표로 만들어 수행할 수 있습니다. 하지만 장비를 고속 고해상도 샘플링 프런트 엔드로 사용하여 내부 메모리에 결과를 저장한 다음 분석 및 그래픽 표현을 위해 측정값을 소프트웨어 애플리케이션으로 전송하는 것이 가장 좋습니다. TimeView™ 소프트웨어 애플리케이션은 프로파일링을 크게 단순화합니다.

프로파일링 측정 방법으로는 자유 실행과 반복 샘플링과 같이 2가지가 있습니다.

자유 실행 측정

자유 실행 측정은 기간이 긴 주기에서 수행됩니다. 일반적인 자유 실행 측정에는 24시간 주기에서 발전기의 안정성을 확인하고, 30분의 준비 시간 동안 생성기의 초기 드리프트를 측정하거나, 장치의 단기 안정성을 측정하는 작업이 포함됩니다. 이 경우 측정은 2μs~1000s 범위에서 사용자가 선택한 간격으로 수행됩니다.

측정 간격을 설정하는 여러 가지 방법은 다음과 같습니다.

- 페이징 시간을 사용하여(설정 > 통계 (Settings > Stat)) 측정 간격을 설정합니다. 측정은 설정된 샘플 수가 모두 사용될 때까지 계속됩니다. **홀드/실행 (Hold/Run)** 및 **재시작 (Restart)**을 사용하여 한 번의 전체 사이클이 지나면 측정을 정지합니다. 측정을 계속하는 동안 통계 디스플레이(추이 도표 또는 히스토그램)에서 추이 또는 확산을 살펴봅니다.
- 원격 컨트롤러에서 타이머를 사용합니다. 이 작업을 통해 외부 이벤트(예: 일련의 구성 요소를 확인할 경우 DUT 변경)와 동기화할 수 있습니다.

- 외부 준비 신호를 사용합니다. 예를 들어 100ms 간격에서 측정을 수행하려면 10Hz 준비 신호 펄스를 사용합니다.
- 자유 실행 모드로 측정을 수행합니다. 장비가 자유 실행되고 있는 경우(연속된 측정) 측정 사이에서 가장 짧은 지연은 약 4 μ s(내부 교정 꺼짐) 또는 8 μ s(내부 교정 켜짐)에 설정된 측정 시간을 더합니다. 예를 들어 측정 시간이 0.1ms인 경우 각 샘플 사이의 시간은 약 104 - 108 μ s가 됩니다.

반복 샘플링 프로파일링 측정

프로파일링에서 샘플 사이의 간격이 4 μ s 미만이어야 할 경우 자유 실행 측정은 작동하지 않습니다. 예를 들어 10ms 동안 100개의 샘플을 사용하여 VCO 단계 응답을 프로파일링하려면 어떻게 합니까?

이 측정 시나리오에는 반복 입력 단계 신호가 필요합니다. 측정을 100번 반복하고, 사이클당 새로운 샘플을 하나씩 사용하고, 이전 샘플과 관련하여 각 새로운 샘플을 100 μ s까지 지연시켜야 합니다.

100번의 측정을 모두 수동으로 설정하고 수행할 수 있지만 컨트롤러(예: TimeView 소프트웨어와 함께 로드된 PC)를 사용하는 것이 가장 쉬운 방법입니다.

다음은 반복 샘플링 프로파일링 측정을 설정하는 데 필요합니다.

- 반복 입력 신호(예: VCO의 주파수 출력).
- 외부 동기 신호(예: VCO에 대한 단계 전압 입력).
- 사전 설정 시간까지 지연된 준비 사용(100 μ s, 200 μ s, 300 μ s).

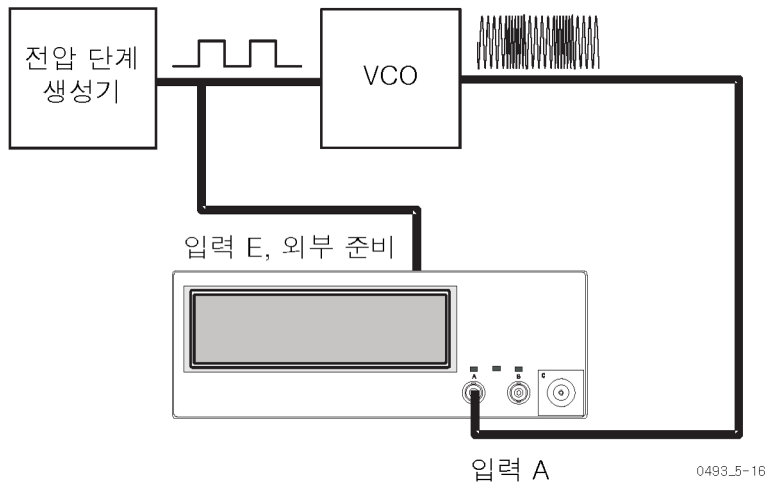
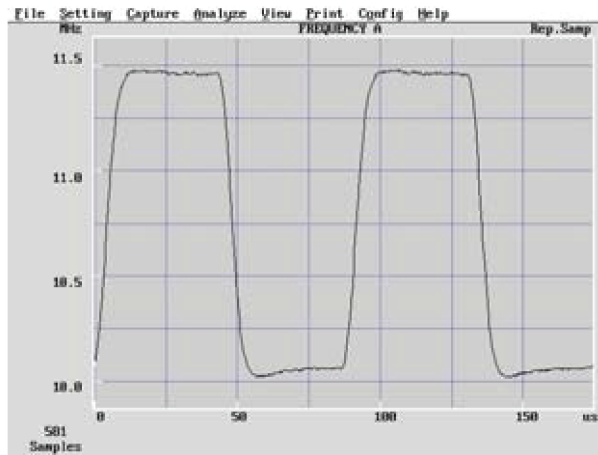


그림 11: VCO의 일시적 프로파일링 설정.



0493_5-17

그림 12: 일시적 프로파일링 측정의 결과

주파수 대 시간을 도표로 만들려면 100번의 모든 측정에 대한 결과를 사용합니다. 시간 스케일의 절대적인 정확도는 입력 신호 자체에 따라 달라집니다. 측정은 $100\mu\text{s} \pm 100\text{ns}$ 간격으로 준비되었지만 실제 측정 시작은 항상 준비 후 첫 번째 입력 신호 트리거 이벤트에 동기화됩니다.

부록 A: 기본 장비 설정

다음 표에는 장비의 초기 상태 기본값 설정이 나와 있습니다. 사용자 옵션 > 저장/호출 > 설정 > 설정 호출 > 기본값 (User Opt > Save/Recall > Setup > Recall setup > Default)을 눌러 장비를 다음 설정에 맞게 지정합니다.

매개 변수	기본값
입력 A 및 B (Input A & B)	
트리거 레벨	자동
트리거 기울기	상승(포지티브)
임피던스	1MΩ
감쇠기	1x
커플링	AC
필터	끄기
준비	
시작	끄기
시작 기울기	상승(포지티브)
시작 준비 지연	0
정지	끄기
정지 기울기	상승(포지티브)
홀드오프	
홀드오프 상태	끄기
홀드오프 시간	200μs
타임아웃	
타임아웃 상태	끄기
타임아웃 시간	100ms
통계	
통계	끄기
샘플 수	100
빈 수	20
페이징 상태	끄기
페이징 시간	20ms
연산	
연산	끄기
연산 상수	K=1, L=0, M=1
제한	
한계 상태	끄기
한계 모드	범위

하한	0
상한	0
버스트	
동기화 지연	400 μ s
시작 지연	0
측정 시간	200 μ s
주파수 한계	400MHz
기타	
함수	주파수 A
스마트 주파수	자동
스마트 시간 간격	끄기
측정 시간	200ms
자동 트리거 저주파수	100Hz
시간축 기준	자동
자리 공백	0

부록 B: 측정 타이밍 제어

측정 프로세스

이 장비는 역수 카운팅 기술을 사용하므로 실제 측정 주기의 시작과 정지를 항상 입력 신호 트리거 이벤트에 동기화합니다. **홀드 (Hold)**가 켜져 있지 않은 경우 이전 측정이 완료되면 새 측정이 자동으로 시작됩니다. 이 측정 방식은 연속된 파형 신호에 이상적입니다.

측정 시작은 다음 조건이 충족될 때 발생합니다(순서대로).

- 장비가 이전 측정을 완전히 처리했습니다.
- 새 측정에 필요한 모든 준비를 마쳤습니다.
- 입력 신호가 장비의 측정 입력을 트리거합니다.

측정은 입력 신호가 정지 트리거 조건을 충족할 때 끝납니다. 다음 이벤트 이후에 바로 끝납니다.

- 설정된 측정 시간이 만료되었습니다(**주파수 및 주기 평균** 측정에만 적용됨).
- 일반적으로 입력 신호가 트리거 윈도우를 두 번 통과할 경우 입력 신호는 정지 트리거 조건을 이행합니다.

측정 시간의 기능으로 서의 해상도

양자화 오류와 디스플레이의 숫자는 주로 장비의 해상도를 정의합니다(최하위 수 표시됨). 역수 카운팅에서 설명한 대로 (29페이지의 참조) 계산된 주파수 f 는 다음과 같습니다.

$$f = \frac{n}{t_g}$$

반면 상대 rms 양자화 오류는 $E_q = \pm 100 \text{ ps}/t_g$ 입니다.

장비는 rms 양자화 해상도가 LSD(최하위 수)를 ± 5 이상의 단위로 변경할 수 없도록 상관없는 자릿수를 잘라냅니다. 표시되는 값이 99999999로 양자화 오류가 최악의 경우 이 작업이 수행됩니다. 표시되는 값이 10000000인 경우가 가장 좋습니다. 그러면 양자화 해상도는 $\pm 0.5 \text{ LSD}$ 단위와 상응합니다.

주석노트. 자릿수가 동일하더라도 99999999에서 ± 1 단위(=1E8)는 10000000에서 ± 1 단위(=1E7)보다 상대적으로 해상도가 10배 큼니다.

측정 시간이 점차적으로 늘어나면 양자화 불확실성으로 인해 발생하는 LSD의 불안정성이 줄어듭니다. 특정 측정 시간 설정에서 장비는 한 자릿수를 추가하여 표시하도록 정렬됩니다. 이때 갑자기 한 자릿수가 추가되면 디스플레이 해상도가 10배가 됩니다. 하지만 양자화 불확실성이 10배 줄어드는 것은 아닙니다. 따라서 한 자릿수만 추가하여 제공하는 측정 시간은 마지막 자릿수에서 불확실성을 좀 더 시각적으로 표시합니다.

안정된 LSD 판독값의 경우 선택한 최대 측정 시간은 필수 자릿수를 갖추어야 합니다. 이렇게 측정 시간을 최적화하면 총 해상도가 양자화 해상도와 같을 수 있습니다.

측정 시간 및 속도

주파수 (Frequency) 또는 주기 평균 (Period Average)을 선택한 경우 설정된 측정 시간은 측정 길이를 결정합니다. 통계 기능을 사용하거나 GPIB 버스를 통해 데이터를 수집하고 있는 경우와 같이 빠른 측정을 원할 경우 이 점을 알고 있어야 합니다.

블록 측정 과정에서 한 측정의 정지와 그 다음 측정의 시작 사이의 시간(데드 시간이라고도 함)은 2 μ s 미만일 수 있습니다.

블록은 연속된 측정값 모음, 즉 통계나 도표 작성을 위한 목적(분석 모드) 또는 GPIB나 USB 데이터 통신 연결을 통해 나중에 컨트롤러를 전송하기 위한 목적으로 로컬 메모리에 저장된 결과입니다.

추가 측정 컨트롤

측정의 시작과 정지에서의 추가 컨트롤: 장비 측정은 더 복잡해질 수 있습니다. 입력 신호 트리거링 외에도 다음 기능을 사용하여 측정의 시작을 제어할 수 있습니다.

- 장비가 **홀드 (Hold)** 모드에 있는 경우 수동 **재시작 (Restart)**.
- 버스 트리거링을 선택한 경우 GPIB 트리거링(<GET> 또는 *TRG). GPIB 트리거링은 프로그래머 설명서에 설명되어 있습니다.
- **시작 준비 (Start Arming)**가 활성화 상태인 경우 외부 준비 신호.
- **준비 지연 (Arming Delay)**이 활성화 상태인 경우 만료된 시작 준비 지연.

정지 준비 (Stop Arming)가 활성화 상태이면 만료된 측정 시간 및 정지 신호 트리거링 외에도 측정의 정지가 외부 준비 신호 트리거링에 의해 추가로 제어됩니다.

색인

기호 및 숫자

아날로그 로우 패스 필터, 입력, 21
디지털 로우 패스 필터, 입력, 21
자동 트리거 저주파수 (Auto Trig Low Freq), 15, 22
현재 설정 저장 (Save Current Setup), 17
주파수별 위상 오류, 표, 53
로우 패스 필터, 입력, 20
알란 편차 (Adev), 62
자동 설정 (Auto Set) 버튼, 10
버스 유형 (Bus Type)(인터페이스), 18
데이터 집합 (Dataset) 하위 메뉴
 지우기 (Erase), 17
 호출 (Recall), 17
 저장 (Save), 17
자리 공백 (Digit Blanks), 18
보간기 교정 (Interpolator Calibration), 15
한계 동작 (Limit Behavior), 16
한계 모드 (Limit Mode), 16
측정 시간 (Meas Time), 14
레이블 수정 (Modify Labels), 17
설정 보호 (Setup Protect), 17
스마트 측정 (Smart Measure), 15
테스트 시작 (Start Test), 18
표준 편차 (Std), 62
테스트 모드 (Test Mode), 18
시간 간격 (Time Interval), 46
전체 재설정 (Total Reset), 17
사용자 옵션 (User Opt) 메뉴, 17
 자리 공백 (Digit Blanks), 18
 정보 (About), 18
 교정 (Calibrate), 17
 인터페이스 (Interface), 18
 테스트 (Test), 18
 저장/호출 (Save/Recall), 17
사용자 옵션 (User Opt) 버튼, 12, 17
변조 주파수가 1kHz 이상인 경우, 39
장비 설정, 기본값, 81
설정 시간, 준비, 72
신뢰 한계, 측정, 65
체계적 오류, 위상 측정, 53
랜덤 오류, 위상 측정, 52
다운 컨버터(마이크로웨이브 측정), 32

시간 지연(준비 시작), 70
주파수 측정(입력 C (Input C)), 35
가능한 오류(위상), 51
정지 측정값(홀드), 12
데이터 집합(저장/호출) (Dataset (Save/Recall)), 17
정보 (About)(장비), 18
분석 (Analyze) 버튼, 10
준비 (Arm), 14
백투백 (Back-to-Back) 주파수 측정, 43
백투백 (Back-to-Back) 주기 측정, 43
버스트 (Burst), 14
교정 (Calibrate), 17
지우기 (Erase)(데이터 집합 항목), 17
인터페이스 (Interface), 18
인터페이스 (Interface) 하위 메뉴
 버스 유형 (Bus Type), 18
 GPIO 주소 (GPIO Address), 18
 GPIO 모드 (GPIO Mode), 18
한계 (Limit) 하위 메뉴
 한계 동작 (Limit Behavior), 16
 한계 모드 (Limit Mode), 16
 하한 (Lower Limit), 16
 상한 (Upper Limit), 16
하한 (Lower Limit), 16
연산 (Math), 16
연산 (Math) 하위 메뉴
 연산 (Math), 16
 K, 16
 L, 16
 M, 16
 X, 16
측정 (Meas) 버튼, 9
기타 (Misc), 15
기타 (Misc) 메뉴
 자동 트리거 저주파수 (Auto Trig Low Freq), 15
 보간기 교정 (Interpolator Calibration), 15
 타임아웃 (Timeout), 15
 입력 C 획득 (Input C Acq), 15
 TIE, 15
호출 (Recall)(데이터 집합), 17
재시작 (Restart) 버튼, 12
저장 (Save), 17

설정 (Settings) 메뉴, 14
 측정 시간 (Meas Time), 14
 트리거 홀드오프 (Trigger Hold Off), 14
 준비 (Arm), 14
 버스트 (Burst), 14
 기타 (Misc), 15
 통계 (Stat), 14
 시간축 (Timebase), 14
설정 (Settings) 버튼, 12, 14
설정 (Setup), 17
설정 (Setup) 하위 메뉴
 현재 설정 저장 (Save Current Setup), 17
 레이블 수정 (Modify Labels), 17
 설정 호출 (Recall Setup), 17
 설정 보호 (Setup Protect), 17
통계 (Stat), 14
테스트 (Test), 18
테스트 (Test) 하위 메뉴
 테스트 시작 (Start Test), 18
 테스트 모드 (Test Mode), 18
시간축 (Timebase), 14
타임아웃 (Timeout), 15
합계 (Totalize), 55
합계 (Totalize) 및 준비 (Arming), 56
상한 (Upper Limit), 16
값 (Value) 버튼, 9
입력 A (Input A) 버튼, 13
입력 A, B (Input A, B) 메뉴, 13
입력 A, B (Input A, B) 버튼, 11
입력 B (Input B) 버튼, 13
입력 C 획득 (Input C Acq), 15
고속 GPIO 버스, vii
임피던스, 입력, 19
커플링, 입력, 20
감쇠, 입력, 19
상승/하강 시간 측정, 46
경보(한계 테스트), 66
미만(한계 테스트), 66
범위(한계 테스트), 66
초과(한계 테스트), 66
캡처(한계 테스트), 66
호출(장비 설정), 17
홀드/실행 (Hold/Run) 버튼, 12
연산/한계 (Math/Limit) 메뉴, 16
연산/한계 (Math/Limit) 버튼, 12, 16
저장/종료 (Save/Exit) 버튼, 10
저장/호출 (Save/Recall), 17

저장/호출 (Save/Recall) 하위 메뉴
 데이터 집합 (Dataset), 17
 전체 재설정 (Total Reset), 17
 설정 (Setup), 17
 부정확성(위상), 52
 해상도(위상), 51
 주파수(fo), 39

ENGLISH TERMS

AC 입력 커플링, 20
 Alarm_stop(한계 테스트), 66
 AM 신호, 41
 AM 변조 주파수 측정, 42
 CW 측정, 41
 DC 입력 커플링, 20
 Enter 버튼, 11
 Esc 버튼, 10
 Esc 버튼 및 원격 작업, 6
 GPIB
 모드(기본 또는 호환), 18
 버스 속도, vii
 주소, 18
 K(연산 공식 상수), 16
 L(연산 공식 상수), 16
 LL(한계 테스트), 66
 LP 필터, 아날로그, 21
 LP 필터, 디지털, 21
 M(연산 공식 상수), 16
 P-P, 62
 P-P 주파수 편차, 40
 RF 신호 측정 이론, 32
 TIE, 15, 47
 TIE(Time Interval Error), 47
 UL(한계 테스트), 66
 Vmax, 59
 Vmin, 59
 Vpp, 59
 Vrms, 59
 X(연산 공식), 16

ㄱ

간섭, 23
 간섭 감소, 23
 고조파 왜곡, 26
 교정 날짜, 18
 기능, v
 기본 장비 설정, 81

L

노이즈, 23
 노이즈 감소, 23

ㄷ

단일 주기 측정, 42
 단일 측정, 12
 단일 측정 수행, 12
 동기화 지연, 38
 동기화 지연 작업 방법, 38
 듀티 계수 측정, 48
 드리프트 및 지터, 64

ㅁ

마이크로웨이브 측정 이론, 32
 메뉴
 사용자 옵션 (User Opt), 17
 설정 (Settings), 14
 입력 A (Input A), 입력 B (Input B), 13
 연산/한계 (Math/Limit), 16
 메뉴 모드, 7

ㅂ

반복 샘플링 프로파일링 측정, 79
 버스트
 버스트 측정 시간 선택, 38
 측정, 35
 측정 및 준비, 70
 측정 오류, 38
 트리거링, 36
 버스트 측정 시간 선택, 38

버튼

자동 설정 (Auto Set), 10
 사용자 옵션 (User Opt), 12, 17
 분석 (Analyze), 10
 측정 (Meas), 9
 재시작 (Restart), 12
 설정 (Settings), 12, 14
 값 (Value), 9
 입력 A (Input A), 입력 B (Input B), 11, 13
 홀드/실행 (Hold/Run), 12
 연산/한계 (Math/Limit), 12, 16
 저장/종료 (Save/Exit), 10
 Enter, 11
 Esc, 10
 Esc 버튼 및 원격 작업, 6
 아래쪽 화살표, 11
 오른쪽 화살표, 11
 왼쪽 화살표, 11
 위쪽 화살표, 11
 키패드, 11
 탐색, 11
 화살표, 11
 변조 주파수가 낮은 경우, 40
 분석 모드, 7
 불확실성 계산, 65
 비순환 신호, 69

人

샘플 홀드, 29
 샘플링 매개 변수 설정, 63
 설치된 옵션 정보, 18
 수동 트리거, 22, 26
 수동 트리거 값 설정, 23
 수동 트리거 레벨, 23
 수치 통계 측정, 7
 시간 측정 오류, 49
 시간 측정 트리거, 45
 싱글 샷 이벤트, 69

○

아래쪽 화살표 버튼, 11
 안전 사항 요약, iii
 알람 편차, 62, 63
 역수 카운팅, 29
 연산 수식, 61, 62

- 예제
 - 버스트에서 두 번째 펄스 폭 측정(준비), 75
 - 버스트에서 첫 번째 펄스 폭 측정(준비), 73
 - 버스트에서 펄스 사이의 시간 측정(준비), 76
 - 합계 (Totalize) 및 준비 (Arming), 56
 - 합계 A, 시작/정지 기준 B, 56
 - 합계 A-B 게이트 기준 E, 57
 - 합계 B 시간 기준 A, 57
 - 신뢰 한계 계산, 65
 - 연산 수식, 61, 63
 - 연산 수식 사용, 61
 - 지정된 주파수의 측정 편차, 61
- 오른쪽 화살표 버튼, 11
- 오버드라이브 및 펄스 반올림, 49
- 왼쪽 화살표 버튼, 11
- 원격 작동
 - Esc 버튼, 6
 - 상태, 6
- 위상, 51
- 위상 오류 보정, 54
- 위상 오류에 대한 보정, 54
- 위쪽 화살표 버튼, 11
- 입력
 - 감쇠, 19
 - 디지털 로우 패스 필터, 20
 - 로우 패스 필터, 20
 - 아날로그 로우 패스 필터, 20
 - 임피던스, 19
 - 커플링, 20
- 입력
 - A 및 B(준비), 71
 - Input E(준비), 71
 - 입력 신호를 준비에 사용, 71
 - 준비 트리거 신호, 71
- 입력 컨트롤, 19
- ㅈ**
 - 자동 트리거, 22, 26
 - 자동 트리거 레벨을 수동으로 변환, 23
 - 자유 실행 측정, 78
 - 장비 정보, 18
 - 저주파수 신호, 31
 - 전압 측정, 59
 - 제한, 66
 - 주기 측정, 42
 - 주파수 변조 신호, 38
- 주파수 비율, 35
- 주파수 측정, 34
- 준비
 - 준비 시작 (Arm Start), 69
 - 준비 정지 (Arm Stop), 70
 - 시간 지연(준비 시작), 70
 - 개요, 69
 - 버스트 측정, 70
 - 비순환 신호, 69
 - 설정 시간, 72
 - 신호 동기화, 71
 - 싱글 샷 이벤트, 69
 - 입력 신호, 71
 - 입력 신호를 준비에 사용, 71
 - 측정 신호를 준비 신호로, 71
 - 측정 신호에서 준비 신호로, 71
 - 트리거 신호, 71
 - 펄스 신호, 69
 - 프로파일링, 69, 78
- 지터 및 드리프트, 64
- ㅊ**
 - 초기 상태 장비 설정, 81
 - 최대, 62
 - 최대 주파수, 40
 - 최소, 62
 - 최소 주파수, 40
 - 추가 측정 컨트롤, 84
 - 추이 도표 표시, 8
 - 측정 속도, 30
 - 측정 속도 빨라짐, 22
 - 측정 시간, 61
 - 측정 신뢰 한계 계산, 65
 - 측정 이론, 29
 - RF 신호, 32
 - 다운 컨버터, 32
 - 마이크로웨이브, 32
 - 샘플 홀드, 29
 - 저주파수 신호, 31
 - 측정 속도, 30
 - 타임아웃, 30
 - 평균 및 단일 사이클 측정, 30
 - 프리스케일러, 32
 - 프리스케일러 및 최소 측정 시간, 30
- 측정값
 - 주파수별 위상 오류, 표, 53
 - 준비 시작 (Arm Start), 69
 - 준비 정지 (Arm Stop), 70
- 시간 간격 (Time Interval), 46
- 변조 주파수가 1kHz 이상인 경우, 39
- 설정 시간, 준비, 72
- 신뢰 한계, 계산, 65
- 체계적 오류, 위상 측정, 53
- 랜덤 오류, 위상 측정, 52
- 백투백 (Back-to-Back) 주파수, 43
- 백투백 (Back-to-Back) 주기, 43
- 합계 (Totalize), 55
- 합계 (Totalize) 및 준비 (Arming), 56
- 주기, 평균, 43
- 상승/하강 시간, 46
- 주파수, 백투백 (Back-to-Back), 43
- 주기, 백투백 (Back-to-Back), 43
- 경보(한계 테스트), 66
- 준비(버스트 측정), 70
- 주파수(입력 A, B (Input A, B)), 34
- 주파수(입력 C (Input C)), 35
- Adev(알란 편차), 62
- AM 신호, 41
- AM 캐리어 파형, 41
- FM, 38
- P-P, 62
- p-p 주파수 편차, 40
- Std(표준 편차), 62
- TIE, 47
- TIE(Time Interval Error), 47
- Vmax, 59
- Vmin, 59
- Vpp, 59
- Vrms, 59
- 가능한 위상 오류, 51
- 단일 주기, 42
- 동기화 지연 작업 방법, 38
- 듀티 계수, 48
- 드리프트 및 지터, 64
- 반복 샘플링 프로파일링, 79
- 버스트 신호, 35
- 버스트 측정 및 준비, 70
- 버스트에서 두 번째 펄스 폭 측정, 75
- 버스트에서 첫 번째 펄스 폭 측정, 73

버스트에서 펄스 사이의 시간 측정, 76
 변조 주파수가 낮은 경우, 40
 불확실성 계산, 65
 샘플링 매개 변수 설정, 63
 시간 및 속도, 83, 84
 시간 측정 오류, 49
 시간 측정 트리거, 45
 연산, 62
 연산 수식, 61
 연산 수식 사용, 61
 오버드라이브 및 펄스 반올림, 49
 위상, 51
 위상 부정확성, 52
 위상 오류 보정, 54
 위상 오류에 대한 보정, 54
 위상 측정 오류, 51
 위상 측정 해상도, 51
 입력 신호 및 준비, 71
 자유 실행, 78
 전압, 59
 주기, 42
 주파수 비율, 35
 준비 개요, 69
 준비 및 입력 신호, 71
 준비 및 측정 신호, 71
 준비 및 프로파일링, 78
 준비 설정 시간, 72
 준비 예제, 73
 준비 입력 신호, 71
 지정된 주파수의 측정 편차, 61, 63
 지터 및 드리프트, 64
 진폭 변조 주파수, 42
 최대, 62
 최대 주파수, 40
 최소, 62
 최소 주파수, 40
 추가 컨트롤, 84
 측정 속도 및 통계, 63
 측정 시간, 64
 측정 시간 범위, 61
 측정 이론, 29

측정 프로세스, 83
 캐리어 파형 주파수, 39
 통계 속도 향상, 63
 통계 측정, 62
 펄스 반올림 및 오버드라이브, 49
 펄스 폭, 48
 평균, 62
 평균 주기, 42, 43
 한계 동작 설정, 66
 한계 테스트, 66
 한계 테스트 모드, 66
 한계 테스트 및 분석 모드, 67

ㄱ

캐리어 파형 주파수, 39
 캐리어 파형 주파수 측정, 41
 키패드 버튼, 11

ㄴ

타임아웃, 30
 탐색 버튼, 11
 통계, 62
 통계 및 연산, 65
 통계 및 측정 속도, 63
 통계 속도 향상, 63
 통계 측정, 7
 트리거
 자동(광범위) 이력 현상, 26
 고조파 왜곡, 26
 레벨 설정, 25
 수동 트리거, 26
 수동 트리거 값 설정, 23
 시간 측정, 45
 이력 현상, 24
 자동 트리거 레벨을 수동으로 변환, 23
 좁은 이력 현상, 26
 측정 속도 빨라짐, 22
 트리거 모드 설정, 22
 홀드오프, 14

ㄷ

펄스 반올림 및 오버드라이브, 49
 펄스 신호, 69
 펄스 폭 시간 측정, 48
 평균, 62
 평균 및 단일 사이클 측정, 30
 평균 주기 측정, 42, 43
 표준 편차, 62, 63
 프로파일링, 69, 78
 프리스케일러 및 최소 측정 시간, 30

ㄹ

한계 및 분석 모드, 67
 한계 테스트, 66
 Alarm_stop 설정, 66
 LL(하한), 66
 UL(상한), 66
 경보 설정, 66
 미만 설정, 66
 범위 설정, 66
 초과 설정, 66
 캡처 설정, 66
 한계 동작 설정, 66
 해상도, 83
 화살표 버튼, 11
 히스토그램 디스플레이, 7