

사용 설명서



TDS 500D, TDS 600B 및 TDS 700D
디지털 타이징 오실로스코프
071-0133-03

Copyright© Tektronix, Inc. All rights reserved. 사용 인가된 소프트웨어 제품에 대한 소유권은 Tektronix와 그 판매업체에 있으며 미국 저작권법과 국제 조약 규정의 보호를 받습니다.

미국 정부에 의한 사용, 복제, 자료 공개는 DFARS 252.227-7013의 기술 자료 및 컴퓨터 소프트웨어에 관한 조항(c)(1)(ii) 또는 FAR52.227-19의 상업용 컴퓨터 소프트웨어 권리 제한 조항(c)(1)과 (2)에 규정된 제한 범위 내에서 가능합니다.

Tektronix 제품은 이미 취득했거나 출원 중인 미국 및 외국 특허에 의해 보호되며, 이 설명서의 내용은 이전에 발행된 모든 문헌보다 우선하며, 제품의 규격 및 가격은 예고없이 변경될 수 있습니다.

미국에서 인쇄.

Tektronix, Inc., P.O.Box 1000, Wilsonville, OR 97070-1000

TEKTRONIX 및 TEK는 Tektronix, Inc.의 등록 상표입니다.

FastFrame[™], FlexFormat[™], DPX[™] 및 InstraVu[™]는 Tektronix, Inc.의 상표입니다.

품질 보증

Tektronix는 정식 Tektronix 제품 공급업체로부터 제품을 구입한 날로부터 3년간 품질을 보증합니다. 품질 보증 기간 동안 제품에 결함이 생기면 Tektronix는 부품비와 인건비 부담없이 무료로 수리하거나 교환해 드립니다. 단 배터리는 보증에서 제외됩니다.

품질 보증 기간 내에 서비스를 받으려면 반드시 품질 보증 기간 만료 전에 Tektronix에 통지해야 합니다. 고객은 포장비와 수송비를 부담하여 수리할 제품을 Tektronix가 지정한 서비스 센터로 보내야 하며 수송비는 고객이 선불해야 합니다. Tektronix가 제품을 고객에게 보낼 때에 고객이 서비스 센터가 있는 국가에 있을 경우에는 Tektronix가 반송료를 부담하지만 다른 나라에 거주할 경우에는 수송비,관세,세금 및 기타 모든 비용을 고객이 지불해야 합니다.

이 품질 보증은 사용자의 부주의로 인한 결함,고장,파손 또는 부주의한 관리로 인한 고장에 대해서는 적용되지 않습니다. 또한 다음과 같은 경우 품질 보증 서비스를 제공할 책임이 없습니다. 1) Tektronix 직원이 아닌 사람이 설치, 수리, 정비하여 발생한 고장,2) 사용자의 부주의나 비호환성 장비와 같이 사용하여 발생한 고장, 3) 개조하거나 다른 제품과 결합하여 결과적으로 수리가 더욱 어렵게 되었을 경우.

Tektronix의 품질 보증은 그 밖의 다른 모든 보증을 대신합니다. Tektronix와 판매업체들은 특정 목적이나 상업성을 위해 표현된 품질 보증에 대해서는 책임지지 않습니다. Tektronix는 품질 보증과 관련한 제품 수리 및 교환에만 책임집니다. Tektronix와 판매업체들은 어떤 피해에 대해서도 법적 책임이 없으며, 비록 사전에 그러한 위험성에 대해 통지를 받았다고 하더라도 법적 책임이 없습니다.

목차

일반적인 안전 사항	ix
서문	xi
관련 설명서	xi
기본 모델	xii
모델 참고	xii
표기 규약	xii

시작하기

제품 설명	1-1
모델별 차이점	1-3
제품 명세	1-4
시동	1-5
준비	1-5
사용 준비	1-6

기본 작동법

개요	2-1
인터페이스 탭 작동	2-3
화면 지침	2-9
설정 예	2-9
Example 1: 파형 디스플레이	2-13
Example 2: 다중 파형 디스플레이	2-17
Example 3: 자동 측정	2-22
Example 4: 설정 저장	2-28

참고

개요	3-1
파형 획득 및 디스플레이	3-5
오실로스코프에 파형 연결	3-5
자동 설정: Autoset과 Reset	3-9
채널 선택	3-12
파형 스케일링 및 포지셔닝	3-15
획득 모드 선택	3-27
디스플레이 사용자 조정	3-40
디스플레이 색 사용자 설정	3-47
파형 줌	3-53
DPO 획득 모드	3-59
FastFrame 사용	3-67
파형 트리거링	3-73
트리거링 개념	3-73
프론트 패널에서 트리거링	3-78
파형 에지에 트리거링	3-82
로직 트리거링	3-86

펄스에서 트리거링	3-99
통신 트리거링	3-113
지연된 트리거링	3-117
파형 측정	3-125
자동 측정	3-126
커서 측정	3-138
계수판 측정	3-144
히스토그램 디스플레이(TDS 500D와 TDS 700D에만 적용)	3-145
마스크 테스트(옵션 2C에만 적용)	3-148
측정 정밀성의 최적화: SPC와 Probe Cal	3-156
파형 및 설정의 저장	3-165
설정을 저장하고 불러오기	3-165
파형의 저장과 불러오기	3-168
파일 시스템 관리	3-175
하드카피 인쇄	3-180
리모트 장치로 통신	3-191
상태 결정과 도움말 접속	3-197
디스플레이 상태	3-197
배너 디스플레이	3-199
도움말 디스플레이	3-199
고급 어플리케이션 기능 사용	3-201
Limit Testing	3-201
파형 연산	3-206
Fast Fourier Transforms	3-209
파형 미분	3-228
파형 적분	3-233

부록

부록 A: 선택 품목과 액세스리	A-1
부록 B: 알고리즘	B-1
부록 C: 선적 포장	C-1
부록 D: 프로브 선택	D-1
부록 E: 검사와 클리닝	E-1
부록 F: 프로그래머 디스크	F-1

용어 색인

그림 목차

그림 1-1: 시동 시 사용하는 후면 패널 제어 장치	1-7
그림 1-2: ON/STBY 단추	1-8
그림 2-1: 프로브 연결(P6245 모델)	2-10
그림 2-2: SETUP 단추 위치	2-11
그림 2-3: Setup 메뉴	2-11
그림 2-4: 트리거 조정	2-12
그림 2-5: 공장 초기 설정 화면	2-13
그림 2-6: VERTICAL 및 HORIZONTAL 조절기	2-14
그림 2-7: TRIGGER 조절	2-15
그림 2-8: AUTOSET 단추 위치	2-16
그림 2-9: AUTOSET를 누른 후의 화면	2-16
그림 2-10: 프로브 보정이 필요한 디스플레이 신호	2-17
그림 2-11: 채널 단추와 표시등	2-18
그림 2-12: 수직 주 메뉴와 커플링 사이드 메뉴	2-20
그림 2-13: 채널 변경 후 메뉴	2-21
그림 2-14: Measure 주 메뉴와 Select Measurement 사이드 메뉴	2-23
그림 2-15: 4개 측정 동시 판독	2-24
그림 2-16: 범용 노브 표시	2-26
그림 2-17: 채널 1의 스냅샷	2-28
그림 2-18: Save/Recall Setup 메뉴	2-30
그림 3-1: 프로브 보정에 따른 신호 상태	3-6
그림 3-2: P6139A 프로브 조절	3-7
그림 3-3: 채널 판독	3-13
그림 3-4: 파형 선택 순위	3-14
그림 3-5: 스케일링과 포지셔닝	3-16
그림 3-6: 수직 판독과 Channel 메뉴	3-17
그림 3-7: Record View와 Time Base 판독	3-20
그림 3-8: 수평 조절	3-21
그림 3-9: 확장 획득 레코드 길이 화면	3-24
그림 3-10: 확장 획득 길이와 줌	3-26
그림 3-11: 획득: 아날로그 신호 입력, 샘플링 및 디지털 타이징	3-27
그림 3-12: 사용한 각 포인트 당 서너개 포인트를 획득할 수 있다.	3-28
그림 3-13: 실시간 샘플링	3-28

그림 3-14: 등가 시간 샘플링	3-29
그림 3-15: 획득 모드 작동 방식	3-33
그림 3-16: Acquisition 메뉴와 판독	3-35
그림 3-17: Acquire 메뉴-Stop After	3-38
그림 3-18: 에일리어싱	3-39
그림 3-19: Display 메뉴-스타일	3-42
그림 3-20: 트리거 포인트와 트리거 수준 표시	3-43
그림 3-21: Display 메뉴-설정	3-47
그림 3-22: Display 메뉴-팔레트 색	3-49
그림 3-23: Display 메뉴-기준 색 정하기	3-51
그림 3-24: Display 메뉴-컬러 복구	3-52
그림 3-25: Horizontal Lock이 None으로 설정된 줌 모드	3-56
그림 3-26: Dual Window(Preview)모드	3-57
그림 3-27: Dual Zoom-Dual Window(Preview)모드 보기	3-59
그림 3-28: 정상 DSO 획득 및 디스플레이 모드와 DPO 모드 비교	3-61
그림 3-29: DPO 디스플레이	3-62
그림 3-30: 정상 DSO 디스플레이	3-62
그림 3-31: DPO XY 디스플레이	3-65
그림 3-32: FastFrame	3-67
그림 3-33: Horizontal 메뉴-FastFrame 설정	3-68
그림 3-34: Horizontal 메뉴-FastFrame 스냅샷	3-70
그림 3-35: FastFrame 시간 소인	3-71
그림 3-36: 트리거된 파형과 트리거가 안된 파형	3-74
그림 3-37: 트리거 중지 시간은 유효한 트리거링을 만든다.	3-77
그림 3-38: 기울기와 수준 조절로 트리거를 쉽게 정의할 수 있다.	3-78
그림 3-39: TRIGGER 제어와 상태 표시등	3-79
그림 3-40: 트리거 판독값의 예 - 에지 트리거 선택	3-81
그림 3-41: 레코드 보기, 트리거 위치, 트리거 수준 막대 판독	3-82
그림 3-42: 에지 트리거 판독값	3-83
그림 3-43: Main Trigger 메뉴-Edge 형식	3-83
그림 3-44: Setup/Hold 트리거링의 Violation Zone	3-90
그림 3-45: 로직 트리거 판독-상태 분류가 선택되어 있다.	3-91
그림 3-46: Logic Trigger 메뉴	3-92
그림 3-47: Logic Trigger 메뉴-시간 한정된 TRUE	3-94
그림 3-48: Setup/Hold Time Violation에서 트리거링	3-98
그림 3-49: 펄스 트리거 판독	3-100
그림 3-50: 주 트리거 메뉴-Glitch Class	3-102

그림 3-51: 주 트리거 메뉴-런트 클래스	3-105
그림 3-52: 주 트리거 메뉴-슬루 속도 클래스	3-110
그림 3-53: 주 트리거 메뉴-Comm 형식	3-115
그림 3-54: Delayed Runs After Main	3-117
그림 3-55: Delayed Triggerable	3-118
그림 3-56: 지연된 트리거의 작동 원리	3-120
그림 3-57: 지연된 트리거 메뉴	3-122
그림 3-58: 히스토그램, 계수판, 커서, 자동 측정	3-125
그림 3-59: 통계가 있는 측정 판독값	3-129
그림 3-60: 측정 메뉴	3-130
그림 3-61: 측정 메뉴-게이팅	3-131
그림 3-62: 측정 메뉴-기준 레벨	3-133
그림 3-63: 측정 지연 메뉴-Delay To	3-134
그림 3-64: Snapshot Menu와 판독	3-136
그림 3-65: 커서 종류	3-139
그림 3-66: 커서 모드	3-140
그림 3-67: H Bar 커서 메뉴와 판독	3-141
그림 3-68: 쌍 커서 메뉴와 판독	3-142
그림 3-69: 히스토그램 메뉴와 수직 히스토그램	3-145
그림 3-70: Mask 메뉴	3-149
그림 3-71: 사용자 마스크 만들기	3-154
그림 3-72: 신호 경로 교정 실행중	3-157
그림 3-73: Probe Cal 메뉴와 개인 교정 디스플레이	3-160
그림 3-74: Re-use Probe Calibration Data 메뉴	3-163
그림 3-75: 저장 / 불러오기 설정 메뉴	3-166
그림 3-76: Save Waveform 메뉴	3-170
그림 3-77: More 메뉴	3-173
그림 3-78: 파일 유틸리티	3-176
그림 3-79: 파일 시스템 -레이블링 메뉴	3-177
그림 3-80: 유틸리티 메뉴-system I/O	3-182
그림 3-81: 하드카피 포맷	3-183
그림 3-82: 날짜와 시간 디스플레이	3-185
그림 3-83: 오실로스코프를 하드카피 장치에 직접 연결하기	3-186
그림 3-84: 오실로스코프와 하드카피 장치를 PC와 연결	3-189
그림 3-85: 전형적인 GPIB 네트워크 구성	3-192
그림 3-86: GPIB 커넥터 포개서 설치	3-193

그림 3-87: 오실로스코프를 컨트롤러에 연결	3-193
그림 3-88: 유틸리티 메뉴	3-195
그림 3-89: 상태 메뉴-시스템	3-198
그림 3-90: 배너 디스플레이	3-199
그림 3-91: 초기 도움말 화면	3-200
그림 3-92: 파형을 Limit Template와 비교	3-202
그림 3-93: 획득 메뉴-Limit Test 템플릿 만들기	3-203
그림 3-94: More 메뉴	3-207
그림 3-95: Dual Waveform Math 주 / 사이드 메뉴.....	3-208
그림 3-96: 임펄스에 대한 시스템 반응	3-211
그림 3-97: FFT 파형 메뉴 정의	3-212
그림 3-98: Math1의 FFT 연산 파형	3-214
그림 3-99: FFT 파형의 커서 측정	3-215
그림 3-100: 파형 레코드 대 FFT 시간 영역 레코드	3-217
그림 3-101: FFT 시간 영역 레코드 대 FFT 주파수 영역 레코드.....	3-218
그림 3-102: 에일리어스된 주파수가 FFT 안에 나타나는 모습	3-222
그림 3-103: FFT 시간 영역 레코드 윈도우 조정	3-225
그림 3-104: FFT 윈도우와 대역 필터 특성.....	3-228
그림 3-105: 미분 연산 파형	3-230
그림 3-106: 미분 파형의 Peak-Peak 진폭 측정	3-231
그림 3-107: 적분 연산 파형	3-235
그림 3-108: H Bars Cursor는 적분 연산 파형을 측정한다	3-236
그림 B-1: MCross 계산	B-4
그림 B-2: 하강 시간	B-9
그림 B-3: 상승 시간	B-14
그림 B-4: 엔벨로프 측정에 사용할 Minima와 Maxima 선택	B-16
그림 D-1: 전형적인 고전압 프로브	D-3
그림 D-2: AM 503S Opt.03에서 사용되는 A6303 전류 프로브	D-5
그림 F-1: Example 프로그램 실행에 필요한 장치	F-1

표 목차

표 1-1: 모델별 주요 특징과 차이점	1-3
표 1-2: 퓨즈와 퓨즈 캡 부품 번호	1-7
표 3-1: Autoset 기본값	3-10
표 3-2: 인터리빙과 샘플링 속도	3-31
표 3-3: 추가 분해능	3-34
표 3-4: TDS 500D, TDS 700D 샘플링 모드 선택 (Fit to Screen이 꺼져 있을 때)	3-37
표 3-5: XY 포맷 쌍	3-46
표 3-6: DPO XY 포맷 쌍	3-65
표 3-7: 패턴과 상태 로직	3-88
표 3-8: 펄스 트리거 정의	3-100
표 3-9: Comm 트리거	3-113
표 3-10: 통신 펄스 폼	3-116
표 3-11: 측정 정의	3-126
표 3-12: 측정 정의	3-147
표 3-13: 표준 마스크	3-155
표 3-14: Probe Cal Status	3-164
표 A-1: 옵션	A-1
표 A-2: 표준 액세서리	A-4
표 A-3: 액세서리 선택 품목	A-5
표 A-4: 권장 프로브 교차 참조	A-6
표 A-5: 액세서리 소프트웨어	A-9
표 E-1: 외부 검사 목록	E-2

일반적인 안전 사항

아래 유의 사항을 따르면 신체적인 부상이나 제품 손상을 막고, 이 제품과 함께 사용하는 다른 제품의 파손을 예방할 수 있다.

반드시 자격있는 요원이 서비스 절차를 수행해야 한다.

화재 및 안전 사고 예방

지정 전원 코드를 사용한다. 화재를 예방하려면 제품 규격에 맞는 지정 전원 코드를 사용한다.

적절한 연결과 분리 프로브나 테스트 리드가 전압에 연결되어 있는 동안 연결하거나 분리하지 않는다.

반드시 접지한다. 이 제품은 전원 코드의 접지 도체를 통하여 접지된다. 감전을 예방하려면, 접지 도체가 반드시 접지되어야 한다. 입력 또는 출력 단자와 연결하기 전에 반드시 기기가 접지되어 있는지 확인한다.

정격을 준수한다. 감전이나 화재를 피하려면 모든 정격과 규격을 준수한다. 설명서를 참고하여 해당 제품에 연결할 규격을 준수한다.

공용 단자는 접지 전위에 있다. 공용 단자에 과도한 전압을 연결하지 않는다.

단자에 최대 정격을 초과하는 전위를 사용하지 않는다.

열린 상태에서 작동시키지 않는다. 감전이나 화재를 예방하려면 커버나 패널을 열어 놓은 상태에서 작동시키지 않는다.

적절한 퓨즈를 사용한다. 화재를 예방하려면 규격과 정격에 퓨즈를 사용한다.

노출된 회로를 만지지 않는다. 벗겨진 전선이나 전류가 흐르는 전선을 만지지 않는다.

불완전한 상태에서 사용하지 않는다. 제품이 손상되었다고 생각되면 자격있는 서비스 요원에게 점검을 받는다.

습기가 많은 곳에서 사용하지 않는다.

폭발성 물질이 있는 곳에서 사용하지 않는다.

제품을 항상 깨끗하게 관리한다.

적절하게 환기를 시킨다. 제품 설치에 대한 세부 지시사항을 참고하여 적절하게 환기를 시킨다.

안전 용어 및 기호



경고 신체적인 부상이나 생명의 위험을 초래할 수 있는 상황과 행동을 표시한다.



주의 제품이나 그 밖의 재산에 피해를 줄 수 있는 상황과 행동을 표시한다.

제품에 사용한 용어

DANGER 즉각적인 상해 위험을 나타낸다.

WARNING 상해 위험을 나타낸다.

CAUTION 제품 및 재산에 대한 위험을 나타낸다.

제품에 사용된 기호



위험
고압



보호 접지
단자



주의
설명서 참고



이중
절연

정전기 방전

TDS 794D에서의 획득 회로는 정전기 방전과 오버드라이브 신호로부터 매우 쉽게 손상을 입을 수 있다.

TDS 794D가 정전기로 인해 손상되는 것을 방지하려면, 오실로스코프를 반드시 정전기가 통제된 환경에서만 작동해야 한다. 케이블과 프로브를 오실로스코프에 부착하기 전에, 케이블과 프로브에 있을 수 있는 정전기를 집지로 사전에 방전시켜야 한다.

정전기 방전으로 인한 손상을 방지하기 위해서는 사용하지 않는 입력 커넥터에 단자 회로 종단을 설치한다. 오실로스코프를 취급하거나 이를 연결시킬 때는(장비와 함께 제공된) 내부 저항력이 있는 손목대를 항상 착용한다.

서문

이것은 TDS 500D, TDS 600B, TDS 700D 디지털 오실로스코프의 사용 설명서이다.

시작하기에서는 TDS 오실로스코프에 대해 간단히 설명하고 설치 준비 및 사용 방법을 설명한다.

기본 작동법에서는 오실로스코프 작동을 이해하는데 필요한 기본 원리를 설명한다.

인터페이스 맵 작동과 화면 지침에서는 작동 원리를 쉽게 설명한다.

참고에서는 특정 기능을 실행하는 방법을 설명한다. 3-1 쪽에는 3장에서 설명할 기능들이 목록으로 나열되어 있다.

부록에는 선택 품목과 액세서리 목록이 있고 그 밖의 유용한 정보들이 있다.

관련 설명서

다음은 오실로스코프의 사용과 정비에 관한 참고 서적들이다.

- *TDS Family Digitizing Oscilloscopes Programmer Manual*(사용 설명서와 함께 디스켓 제공). 컴퓨터를 사용하여 GPIB 인터페이스로 오실로스코프를 조절하는 방법을 설명한다.
- *TDS 500D, TDS 600B, TDS 700D Reference*. 오실로스코프 작동 방법을 전반적으로 간략하게 설명한다.
- *TDS 500D, TDS 600B, TDS 700D Technical Reference(Performance Verification and Specifications)*. 오실로스코프의 성능을 확인하는 방법과 명세 목록이 있다.
- *TDS Family Option 0.5 Video Trigger Instruction Manual*. 비디오 트리거 옵션이 설치된 TDS 오실로스코프일 경우 그 사용법을 설명한다.
- *TDS 500D, TDS 600B, TDS 700D Service Manual*. 오실로스코프 정비 및 수리에 관한 사항을 모듈 수준까지 설명한다.

기본 모델

이 설명서는 TDS 500D, TDS 600B, TDS 700D 디지털 오실로스코프를 문서화한 것이다. 아래 규약을 유의한다.

- 일부 TDS 모델에는 CH 3과 CH 4 대신 AUX 1과 AUX 2로 불리는 두 개의 보조 채널이 있다. 이 보조 채널들에 대한 참고 사항은 CH 3과 CH 4를 그대로 따른다. AUX 1과 AUX 2를 장착한 오실로스코프 모델을 사용하는 경우에는 이 설명서에서 CH 3과 CH 4를 각각 AUX 1과 AUX 2로 바꾸어서 이해한다.
- 이 설명서에 나와 있는 디스플레이 화면은 모두 TDS 684B 디스플레이 화면을 기본으로 한다.

모델 참고

이 설명서는 TDS 500D, TDS 600B, TDS 700D 디지털 오실로스코프를 문서화한 것이다. 이 오실로스코프들을 지칭할 때에 다음 규약이 적용됨을 유의한다.

- “TDS 500D”는 TDS 520D, TDS 540D 그리고 TDS 580D 모델에 모두 해당된다.
- “TDS 600B”는 TDS 620B, TDS 644B, TDS 680B, TDS 684B 모델에 모두 해당된다.
- “TDS 700D”는 TDS 724D, TDS 754D, TDS 784D 그리고 TDS 794D 모델에 모두 해당된다.

표기 규약

이 설명서에서는 작업을 하기 위해 사용자가 따라야 할 단계적인 지침을 설명한다. 작업 절차를 명확하고 일관성있게 설명하기 위해 다음 규약을 사용한다.

- 절차 설명에서 프론트 패널 제어 장치와 메뉴에 나타나는 명칭들은 볼드체 (영문의 경우)로 표시한다.

- 이 설명서에서 사용하는 명칭은 오실로스코프의 프런트 패널과 메뉴 항목과 같은 활자체 (첫글자만 대문자 또는 모두 대문자) 로 되어 있다. 프런트 패널 명칭들은 **VERTICAL MENU, CH 1** 과 같이 모두 대문자로 표시한다.
- 작업 단계에는 모두 순서대로 번호를 매긴다. 단계가 하나밖에 없는 경우에는 번호가 없다.
- 프런트 패널 제어 장치와 메뉴 단추를 사용하여 선택을 해야 할 경우, 프런트 패널 단추와 메뉴 사이 또는 메뉴들 사이를 이동할 때에는 화살표 (→) 를 사용한다. 또 그 단추가 주 메뉴 (main) 에 있는지 사이드 메뉴 (side) 에 있는지도 명시한다.
예 : **VERTICAL MENU → Coupling(main) → DC(side) → Bandwidth(main) → 250MHz (side)** 를 누른다.

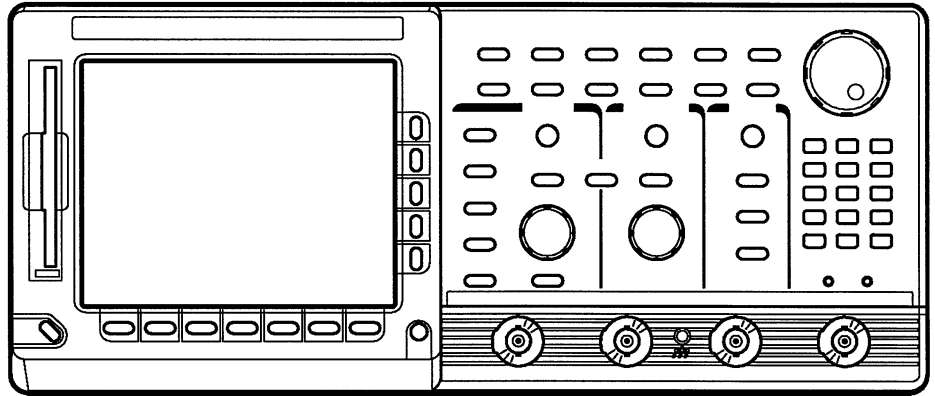
위의 예는 앞에서 설명한 규약대로 표기한 것으로 실제로는 다섯 단계의 절차를 설명하는 것이다.

1. 프런트 패널 단추 **VERTICAL MENU** 를 누른다.
2. 주 메뉴 단추 **Coupling** 을 누른다.
3. 사이드 메뉴 **DC** 단추를 누른다.
4. 주 메뉴 **Bandwidth** 단추를 누른다.
5. 사이드 메뉴 단추 **250MHz** 를 누른다.

돌출 메뉴에서 선택해야 할 경우가 있다. 예를 들어 “**TRIGGER MENU → Type(main) → Edge(pop-up)**을 누른다.”에서는 돌출 메뉴에서 **Edge**가 강조 표시될 때까지 주 메뉴에서 **Type** 단추를 반복하여 누른다는 의미이다.

시작하기

제품 설명



Tektronix TDS 오실로스코프는 파형 획득, 디스플레이, 그리고 측정에 사용하는 우수한 측정 장비이다. 이 장비는 실험실에서뿐만 아니라 휴대용으로도 사용할 수 있고 다음과 같은 특징이 있다.

- 아날로그 대역폭은 모델에 따라서 2GHz 또는 500MHz(표 1-1 “모델별 주요 특징과 차이점”, 1-3 쪽 참고).
- 샘플링 속도는 모델에 따라서 채널당 최대 5GS/s(표 1-1, 1-3 쪽 참고).
- 모델과 옵션에 따라 8M 까지 측정 가능 (표 1-1, 1-3 쪽 참고).
- 자동 측정 및 측정 통계는 최대 29(3-126 쪽 “자동 측정” 참고).
- 1% DC 수직 측정 정밀성 (TDS 500D, TDS 600B & TDS 700D 기술 참고서 참고).
- 고속 획득 및 아날로그 오실로스코프 이물레이션을 위한 DPO(3-59 쪽 “DPO 획득 모드” 참고).
- 내부 플로피 및 하드 디스크 저장과 Iomega 100 Mbyte Zip 드라이브 호환 (3-165 쪽 “파형의 설정 및 저장” 참고).
- 트리거 모드에는 에지, 로직, 펄스, 지연, 통신 그리고 비디오 트리거 모드가 있다 (3-73 쪽 “파형 트리거링” 참고).

- 고급 기능으로는 limit testing (3-201쪽 "Limit Testing" 참고), FFT(3-209쪽 "Fast Fourier Transforms" 참고), 파형 미분 및 적분 (3-228 쪽부터 설명되는 "파형 미분 및 적분" 참고), 마스크 테스트 (3-148 쪽 "마스크 테스트" 참고) 파형 히스토그램 (3-145 쪽 "히스토그램 디스플레이" 참고) 그리고 통신된 신호 분석 (3-113 쪽 "통신 트리거링", 3-148 쪽 "마스크 테스트", A-2 쪽 옵션 2C, 3C 및 4C 참고).
- 측정 정밀성 최적화 위한 조절 가능 채널 (3-158 쪽 "Channel/Probe Deskew" 참고).
- 완벽한 GRIB 프로그램 가능 (3-191 쪽 "리모트 장치로 통신" 그리고 TDS 프로그래밍 설명서 디스크 참고).
- 폭넓은 프로빙 솔루션 (A-6 쪽 "액세서리 프로브" 및 D-1 "프로브 선택" 참고).
- CE, FCC, UL 그리고 CAN/CSE 사용 가능(TDS 500D, TDS 600B & TDS 700D 기술 참고서 참고).
- 모델에 따라 4 채널 또는 2+2 채널 작동. 모든 채널들의 분해능은 8 비트(표 1-1, 1-3 쪽 참고).
- 이중 줌 창에서는 동일한 디스플레이에서 파형을 확대하거나 축소하여 볼 수 있다(3-56 쪽 "Dual Window 모드 사용하기" 참고).
- 샘플, 엔벨로프, 애버리지, 고분해능, 피크 - 탐지 그리고 DPO 획득 모드 (적용 모델과 모드에 대해서는 표 1-1, 1-3 쪽 참고).

모델별 차이점

표 1-1에서는 주요 TDS 특징 및 이 설명서에서 다루는 다른 TDS 모델들과의 차이점을 비교하고 있다.

표 1-1 모델별 주요 특징과 차이점

특징	520D	540D	580D	620B	644B	680B	684B	724D	754D	784D	794D
채널 수	2+2 ¹	4	4	2 + 2 ¹	4	2 + 2 ¹	4	2+2 ¹	4	4	4
디지털이징 속도,최고	2 GS/s	2 GS/s	4 GS/s	2.5 GS/s		5 GS/s		2 GS/s	2 GS/s	4 GS/s	4 GS/s
채널 수@최대 속도	1	2	1	2	4	2	4	1	2	1	
아날로그 대역폭	500 MHz		1 GHz	500 MHz		1 GHz		500 MHz		1 GHz	2 GHz
레코드 길이,최대	To 50K/Channel ²			To 15K/Channel				To 50K/Channel ²			
DPO 획득	Yes			No				Yes			
Hi Res 획득	Yes			No				Yes			
고급 DSP Math ³	Opt. 2F			Std. ⁴							
통신 신호 분석기	Opt. 2C			No				Opt. 2C			
기준 리시버	Opt. 3C and 4C			No				Opt. 3C and 4C			No
저장,플로피 디스크	Std.										
I/O(RS-232 과 Centronicx ⁵ 을 포함)	Opt. 13			Std. ⁴							
iomega Zip 드라이브 지원	Yes			No				Yes			
입력 임피던스	50 W and 1 MW										50 W only
디스플레이	Mono				Color	Mono	Color				

- ¹ 2+2 채널 방식은 4개 채널 중 2개가 동시에 디스플레이된다. 디스플레이되지 않은 채널은 오실로스코프에 트리거링 신호를 연결하는 데 사용할 수 있다.
- ² 이 TDS 모델은 최대 레코드 길이를 더 길게 설정할 수 있는 Option 1M 또는 Option 2M 과 같이 구입할 수 있다(최대 2Mb/Channel). A-2 쪽의 옵션 1M 과 옵션 2M을 참고한다.
- ³ 파형을 FFT, 적분 및 미분할 수 있는 전원 디지털 신호 처리 기능이 있다. A-3 쪽 옵션 2F를 참고한다.
- ⁴ Std. 는 옵션의 부분 기능이 표준 제품 기능이라는 의미이다.
- ⁵ GPIB I/O 는 보통 모델에 포함되어 있다.

제품 명세

제품 명세는 TDS 오실로스코프와 함께 제공되는 기술 참고서 *TDS 500D, TDS 600B, TDS 700D Technical Reference(Performance Verification and Specifications)*를 참고한다.

시동

TDS 오실로스코프를 사용하기 전에 우선 제대로 설치되어 있고 전원이 연결되어 있는지 확인해야 한다.

준비

측정 정밀도를 최대로 하려면, 신호 경로 보정에 대해서 알아야 하고 오실로스코프에 사용하는 프로브 사용법을 정확하게 알아야 한다.

신호 경로 보정

오실로스코프를 주위 온도와 맞춘다. 이를 신호 경로 보정 (*Signal Path Compensation (SPC)*)이라고 하는데, 온도를 교정해야만 측정시 정밀도를 최대로 할 수 있다. 3-156쪽의 “신호 경로 보정”에는 이 기능에 대한 설명과 작동법이 나와 있다.

프로브 선택

TDS 580D, TDS 680B, TDS 684B, TDS 784D 그리고 TDS 794D는 프로브없이 배송된다. 오실로스코프의 더 높은 대역폭을 이용하려면 P6245, P6217 또는 P6158 Probe를 주문한다.

나머지 TDS 500D, TDS600B, TDS 700D 오실로스코프는 범용 프로브와 함께 배송된다. 이 오실로스코프와 함께 배송되는 프로브 모델과 그 수량은 A-4 쪽 “표준 액세서리”에 자세히 설명되어 있다.

모든 오실로스코프 모델에 사용할 수 있는 옵션 액세서리 프로브 목록은 A-5쪽의 “액세서리 프로브”를 참고한다.

프로브 사용법

항상 적절한 프로브를 사용하여 측정한다. 예를 들어 ± 8 이상의 신호나 ± 10 볼트 이상의 오프셋 신호를 측정할 때 P6245 Active Probe를 사용하면 신호 측정에서 오류가 생긴다 (프로브 선택은 사용 설명서 참고). 그 대신, P6139A와 같은 패시브 프로브를 사용한다. 패시브 프로브를 사용하면 더 높은 전압을 측정할 수 있다. P6139A 프로브는 500볼트까지 측정할 수 있다.

P6139A 처럼 $1M\Omega$ 입력을 요구하는 프로브는 TDS 794D에서는 작동하지 않는다.



주의 ± 40 볼트 이상의 신호를 측정할 때 P6243 또는 P6245 Active Probe를 사용하면 프로브가 파손될 수 있다. $\pm 22V_{RMS}$ 이상의 신호를 측정할 때 P6158 Voltage Divider Probe를 사용하면 프로브가 파손될 수 있다.

입력 커플링

신호를 오실로스코프에 커플링할 때는 사용하는 프로브나 그밖의 케이블의 입력 커플링과 임피던스를 적절하게 선택해야 한다. 3-8 쪽 “입력 임피던스 선택”을 참고하여 수신 신호의 커플링이 적절한지 확인한다.

사용 준비

설치 방법, 전원 켜고 끄기, 자가 진단을 실행하는 방법을 배우려면 다음 절차대로 한다.

설치

오실로스코프를 제대로 설치하고 전원을 연결하려면 다음 순서대로 한다.

1. 작동 환경이 적절한지 확인한다. 적정 온도, 상대 습도, 고도, 진동 및 배기 규격은 TDS 500D, TDS 600B, TDS 700D 기술 참고서에 설명되어 있다. (성능 확인과 명세). (Tektronix 부품 번호 071-0135-00).
2. 냉각 공간을 충분히 남겨둔다. 즉, 캐비닛 측면과 바닥에 있는 공기 흡입구와 배출구에 공기 흐름이 막히지 않도록 한다. 양쪽에 최소한 5.1cm(2 인치)의 공간을 남겨둔다.



경고 감전을 방지하려면 퓨즈를 점검하기 전에 전원 코드를 반드시 뽑아야 한다.

3. 퓨즈의 종류와 정격이 적절한지 확인한다(그림 1-1 참고). 두 개 중의 어떤 것을 사용해도 좋다. 각 퓨즈에는 자체 캡이 있어야 한다(표 1-2 참고). 이 제품에는 UL 승인을 받은 퓨즈가 같이 배송된다.
4. 전기 정격이 적절한지 확인한다. 오실로스코프의 정격은 100 에서 240 VAC_{RMS}, 연속 정격, 45 Hz 에서 440 Hz 이며 많은 경우 300 W 까지 요구된다.

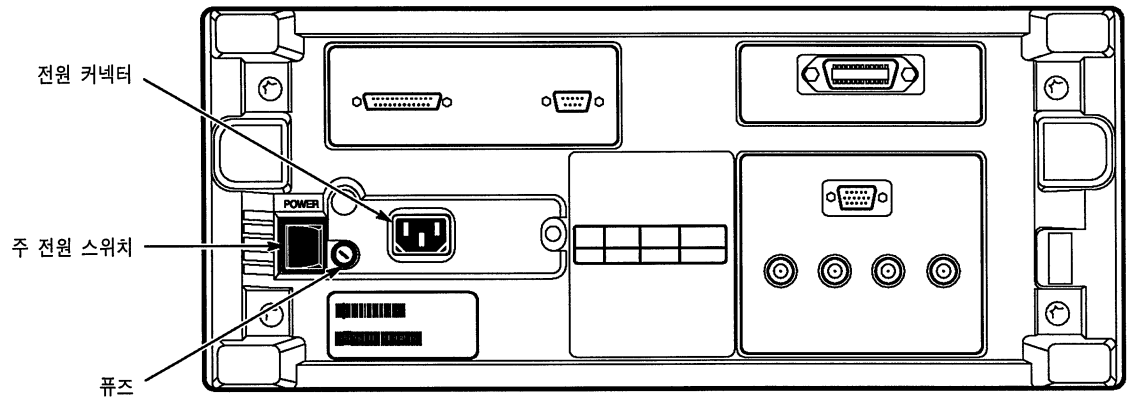


그림 1-1 시동 시 사용하는 후면 패널 제어 장치

5. 적절한 전원 코드로 후면 패널의 전원 커넥터와 전원 시스템을 연결한다(그림 1-1 참고).

표 1-2 퓨즈와 퓨즈 캡 부품 번호

퓨즈	퓨즈 부품 번호	퓨즈캡 부품 번호
0.25 인치 × 1.25 인치(UL 198.6,3AG):6A FAST, 250V	159-0013-00	200-2264-00
5 mm × 20 mm(IEC 127):5A(T), 250V	159-0210-00	200-2265-00

프론트 커버 제거

커버의 왼쪽과 오른쪽 끝을 잡고 앞의 서브패널에서 위로 잡아 뺀다.(커버를 다시 씌울 때는 앞의 서브패널과 잘 맞춘 다음 꼭 눌러서 닫는다.)

전원 연결

오실로스코프에 전원을 연결하려면 다음 순서대로 한다.

1. 후면 패널의 주 전원 스위치가 켜져 있는지 확인한다(그림 1-1 참고). 주 전원 스위치는 오실로스코프로 들어가는 모든 AC 전원을 제어한다.
2. 오실로스코프의 전원이 켜지지 않으면(화면이 깜빡한 경우),프론트 패널의 **ON/STBY** 단추를 작동해 본다(그림 1-2 참고).

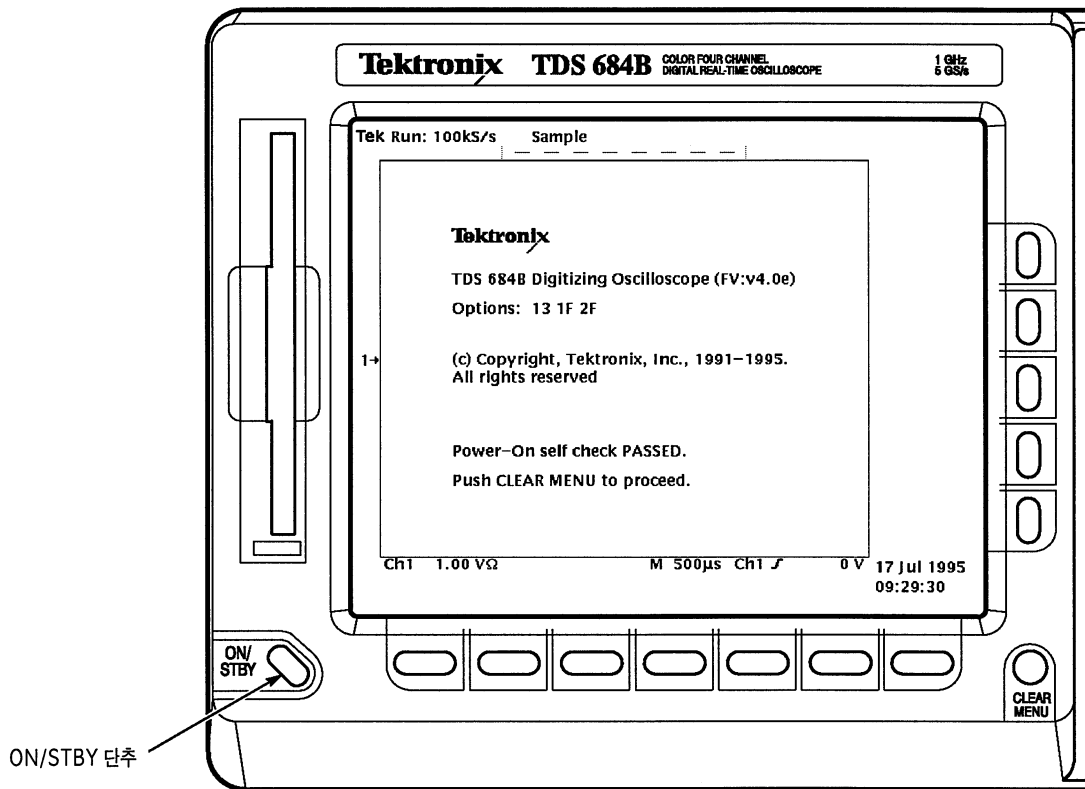


그림 1-2 ON/STBY 단추

ON/STBY 단추는 계기 회로에 연결되는 전원 공급을 조절한다. 스위치가 STBY에 있어도 전원은 연결되어 있다.

일단 오실로스코프를 설치하면, 주 전원 스위치를 켜두고 ON/STBY 단추를 전원 스위치 대신 사용한다.

자가 진단

오실로스코프는 켜질 때마다 자동으로 자가 전원 테스트를 실시한다. 자가 테스트를 통과했는지 못했는지 화면에 표시되므로 자가 진단 결과를 확인할 수 있다.(자가 진단을 통과하면 몇 초 후 상태 결과가 화면에서 지워진다.)

자가 진단을 통과하지 못하면 지역 Tektronix 서비스 센터에 문의한다. 자가 진단 결과에 따라 수리하기 전까지 오실로스코프를 사용해도 되는 경우도 있다.

전원 중단

ON/STBY 스위치를 STBY로 전환하면 전원 공급이 중단된다.

기본 작동법

개요

이 장에서는 TDS 오실로스코프 작동에 대한 기본 개념을 설명한다. 오실로스코프의 기본 개념을 이해하면 기기를 훨씬 더 효과적으로 사용할 수 있다.

1 절 “인터페이스 맵 작동”에서는 오실로스코프 제어 장치의 구성과 제어 장치들에 대한 설명을 보는 방법이 설명되어 있다. 또한, 메뉴 시스템을 사용하는 일반적인 절차를 설명한다. 이 장에서는 다음 사항들을 설명한다.

- 프론트 패널 맵
- 후면 패널 맵
- 디스플레이 맵
- 메뉴 작동법
- 돌출 메뉴 작동법

2 절 “화면 지침”에서는 파형 측정을 화면에 나타내기 위해 필요한 기본적인 작업을 하나씩 예를 들어 설명한다. 또한, 오실로스코프 제어 설정을 저장하여 나중에 다시 사용하는 방법을 예를 들어 설명한다. 이 장에서 설명하는 예는 다음과 같다.

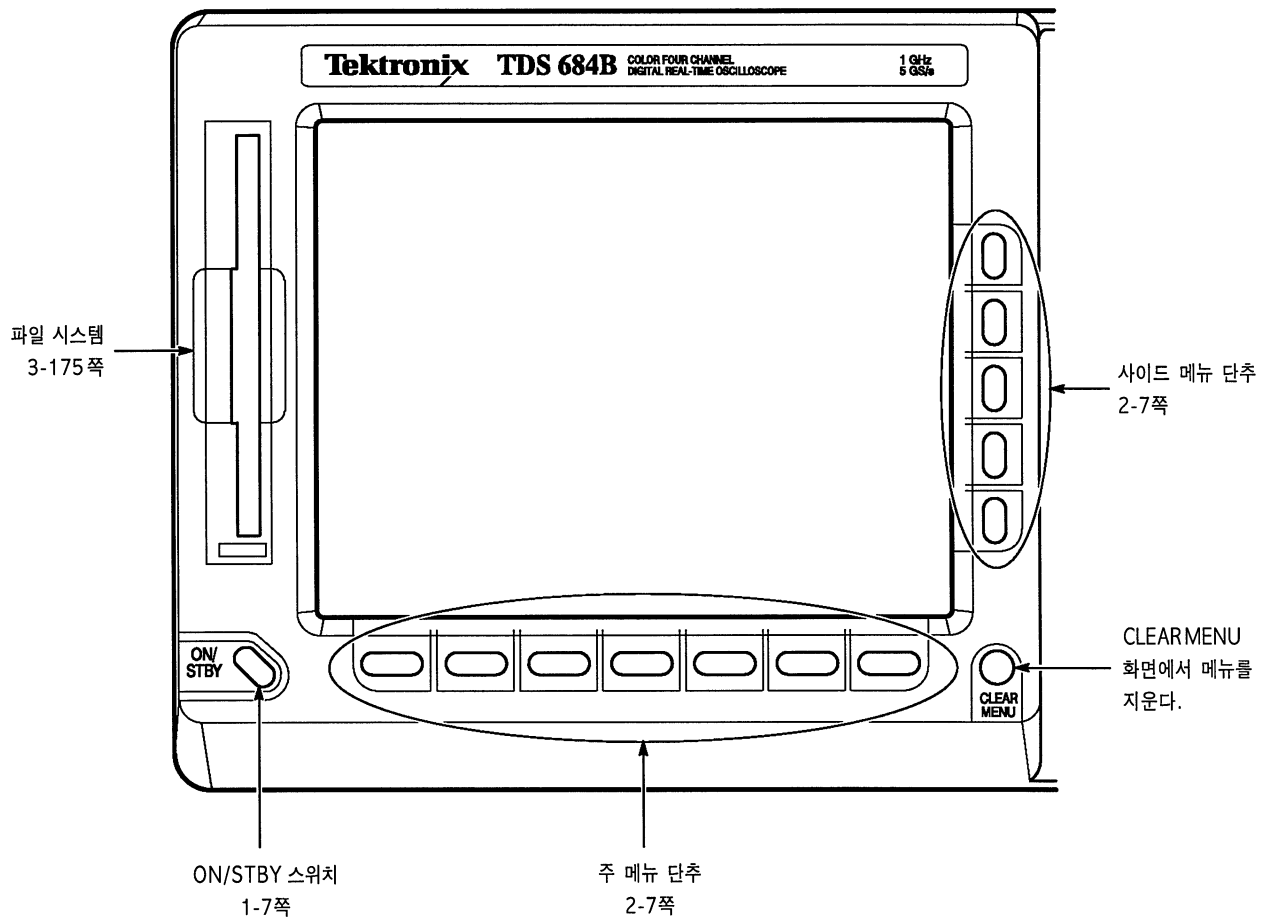
- *Example* 설정
- *Example 1*: 파형 표시
- *Example 2*: 다중 파형 표시
- *Example 3*: 자동 측정
- *Example 4*: 설정 저장

3 장 “참고”에서는 위 내용이 더 상세하게 설명되어 있으며, 이 장에서 다루지 않은 내용도 같이 설명하고 있다. 3-1 쪽에는 3 장에서 다루는 내용이 목록으로 나와 있다.

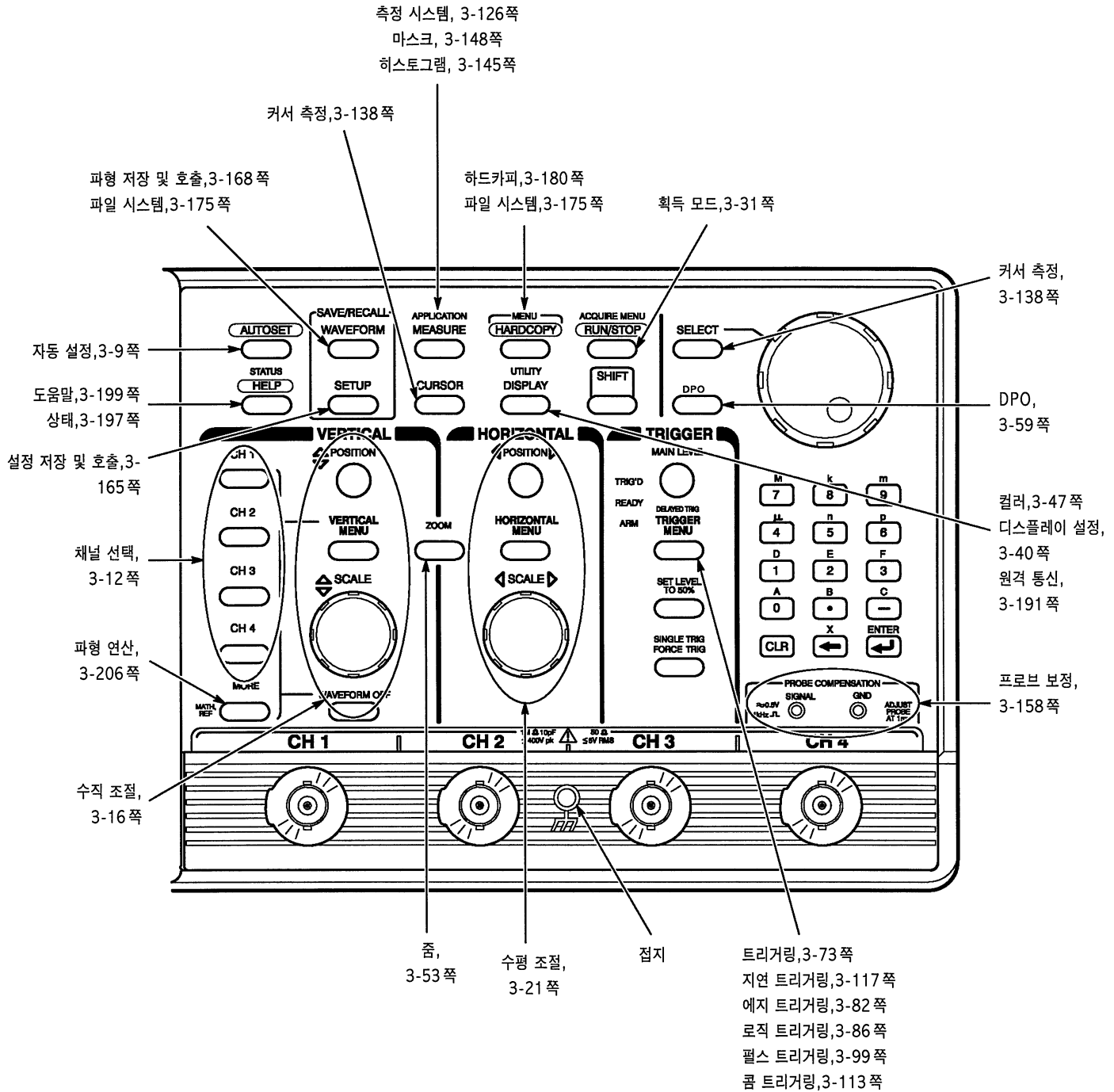
인터페이스 맵 작동

이 장에서는 화면의 그림 또는 맵, 프론트 및 후면 패널과 TDS 오실로스코프의 메뉴 시스템에 대하여 설명한다. 이 맵들을 이해하면 오실로스코프를 이해하고 작동하는 데에 도움이 될 것이다. 이 장에서는 또한 메뉴 시스템 사용 방법을 그림으로 설명한다.

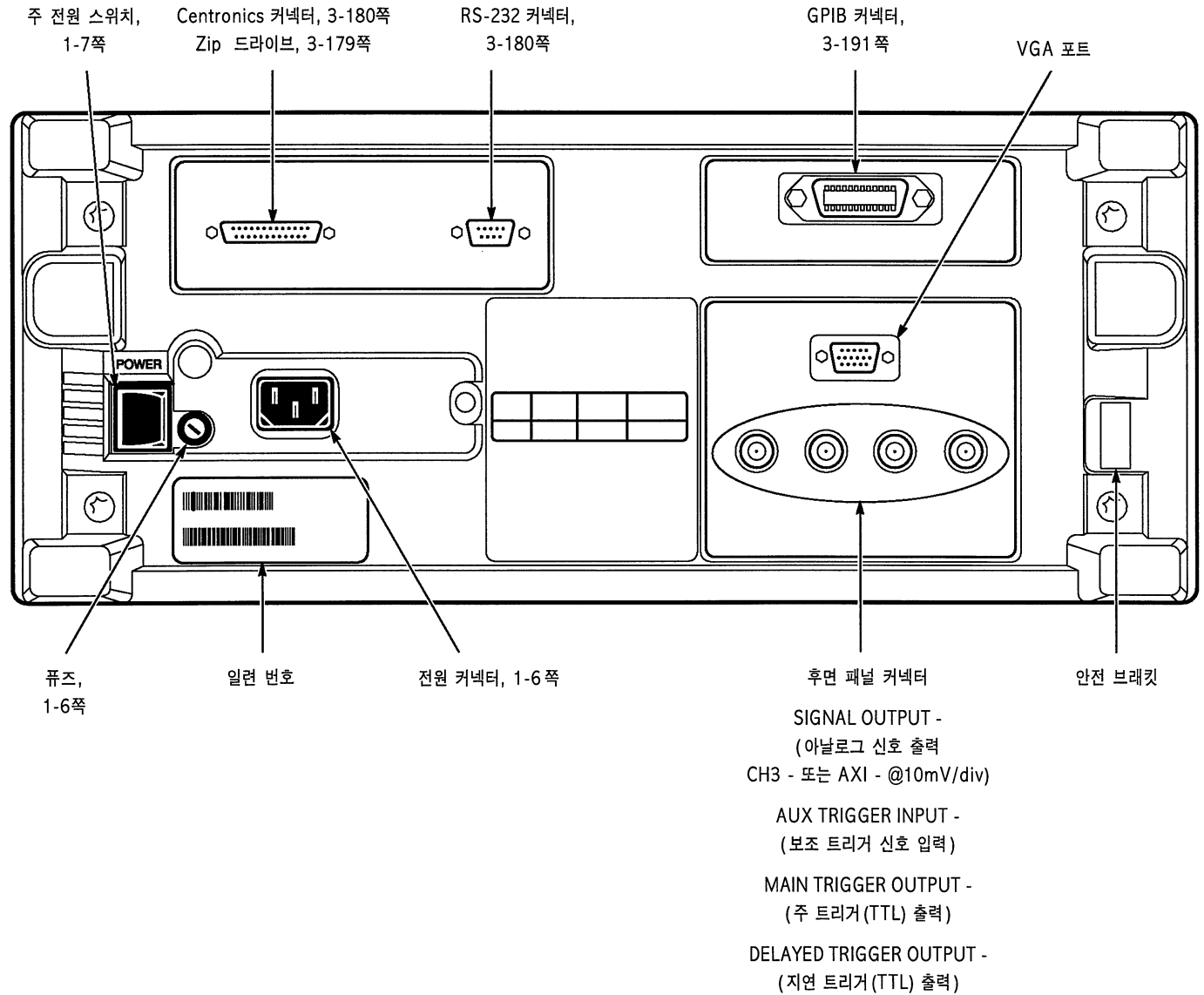
프론트 패널 맵 - 왼쪽



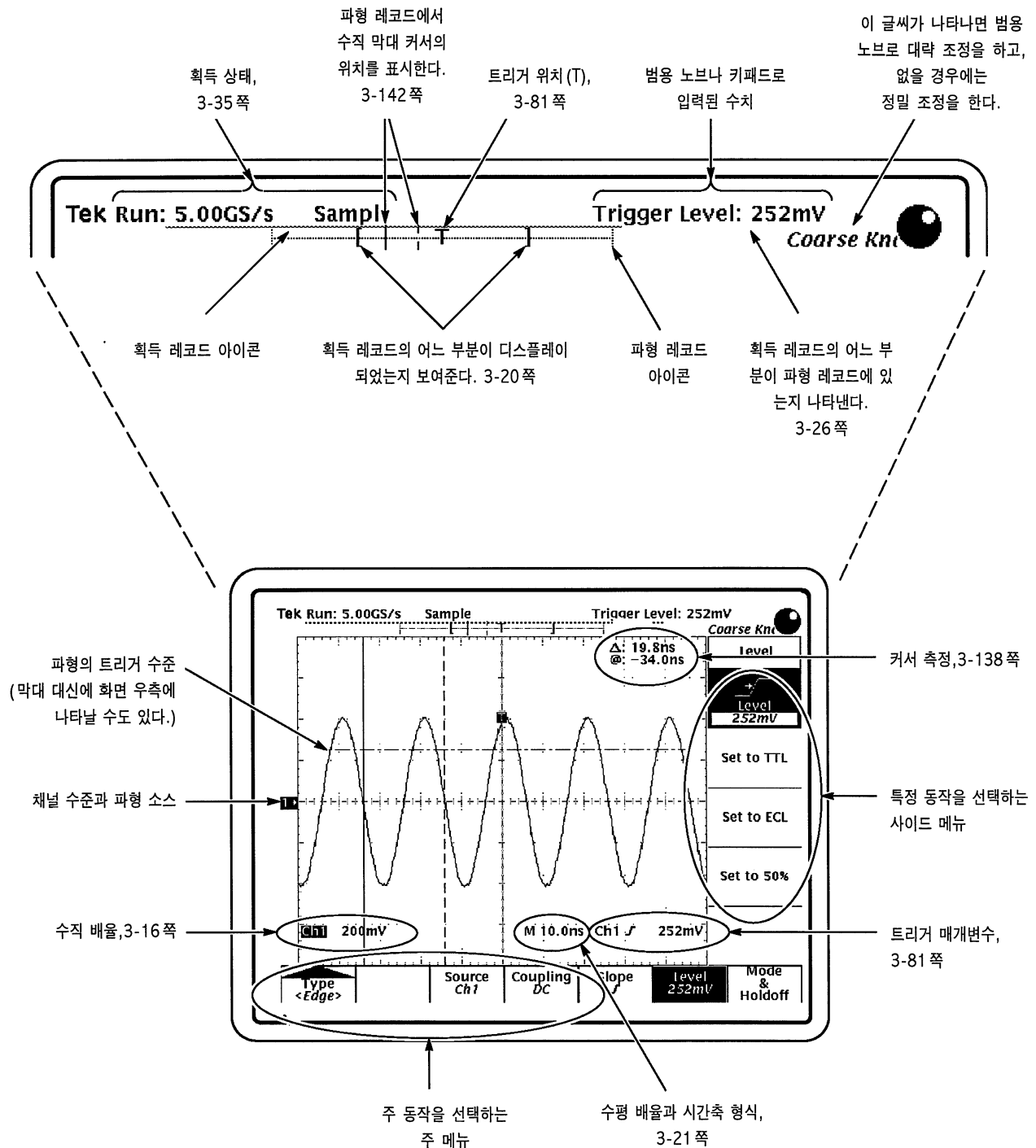
프론트 패널 맵 - 오른쪽



후면 패널 맵

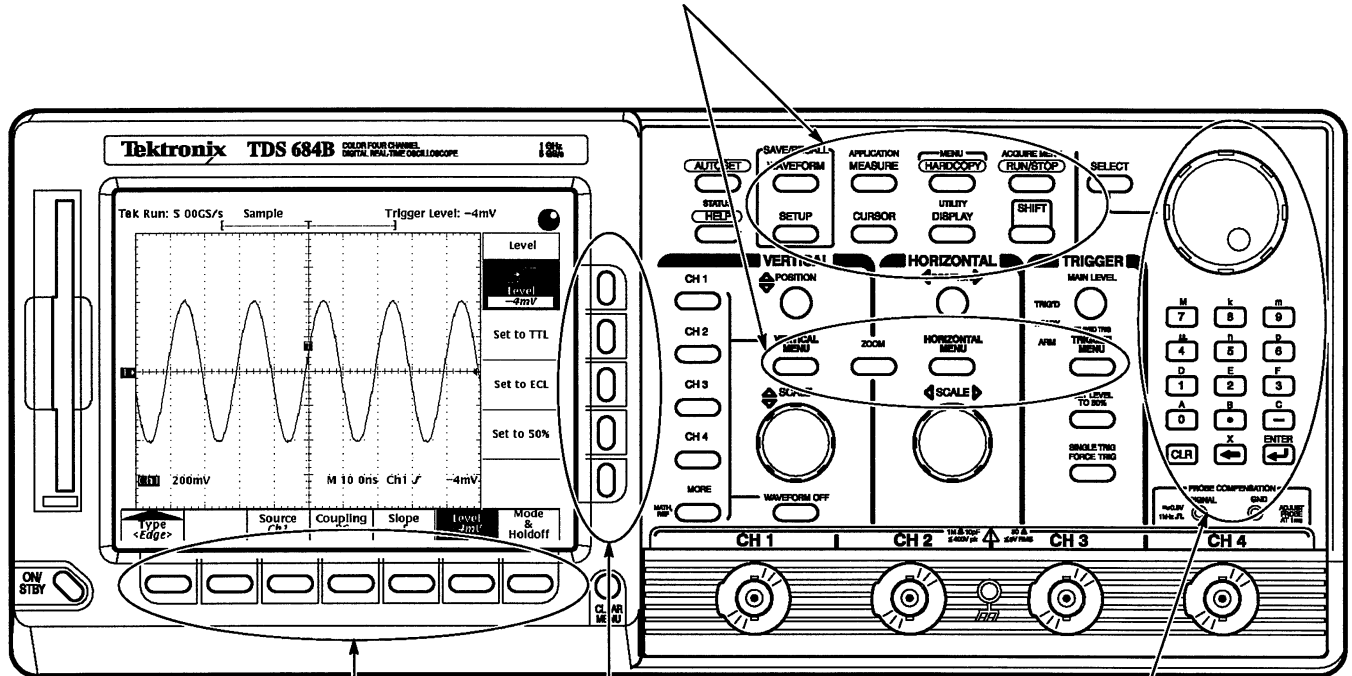


디스플레이 맵



메뉴 작동 방법

- 1 프론트 패널 메뉴 단추를 누른다. (단추 라벨이 파란색이면 SHIFT를 먼저 누른다.)

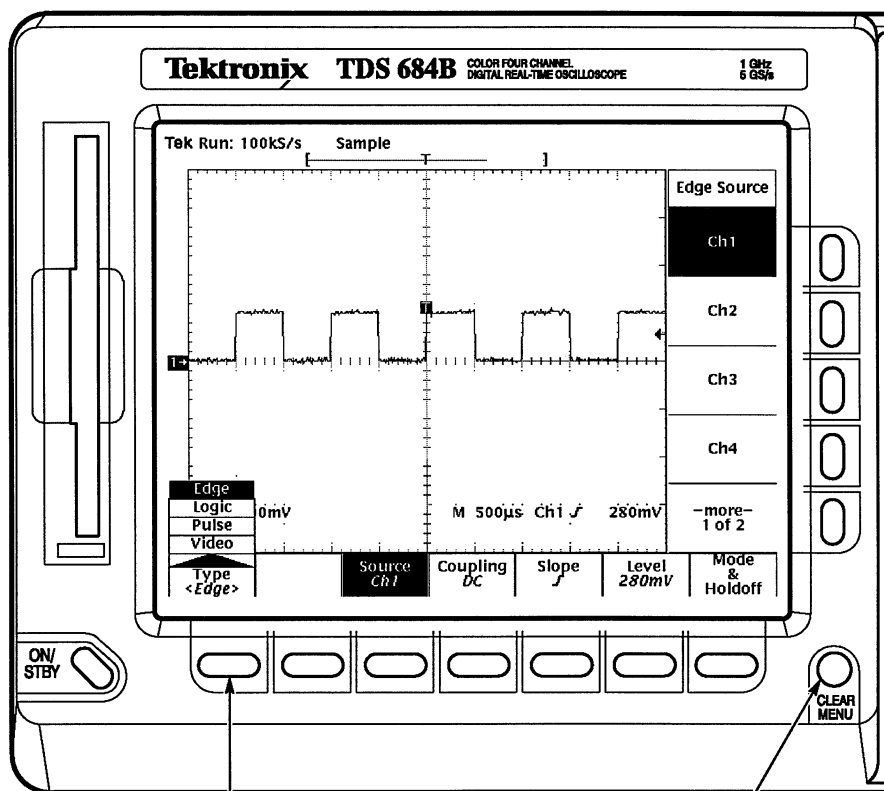


- 2 주 메뉴에서 원하는 단추를 누른다.

- 3 사이드 메뉴에서 원하는 단추를 누른다. (표시되어 있는 경우)

- 4 사이드 메뉴 항목의 수치를 조절할 수 있는 경우 (반전되어 표시됨) 범용 노브나 키패드로 조절한다.

돌출 메뉴 작동 방법



이 단추를 누르면
돌출 메뉴가 나타난다.

선택하려면 한번 더 누른다.

반대 방향으로 선택하려면
SHIFT를 먼저 누른다.

돌출 메뉴의 선택에 따라
나머지 주 메뉴의 제목이 바뀐다.

화면에서 메뉴를
지운다.

화면 지침

이 장에서는 TDS 오실로스코프로 측정하는 데 필요한 기본 작동법을 간략하게 설명한다.

설정 예

다음 예에서는 수신 신호를 TDS 오실로스코프에 직접 연결하고 재설정해봄으로써 디스플레이 화면을 익힌다.

수신 신호 연결

모든 프로브와 신호 입력을 프론트 패널 아래 오른쪽에 있는 BNC 수신 커넥터에서 제거한다. 그 다음 적절한 프로브를 사용하여 (예를 들어 P6245), 오실로스코프의 **CH 1** 커넥터를 **PROBE COMPENSATION** 커넥터로 연결한다 (그림 2-1 참고).

주 이 제품이 사용할 수 있는 옵션 프로브에 대한 설명은 “부록 A: 선택 품목과 액세서리”를 참고한다.

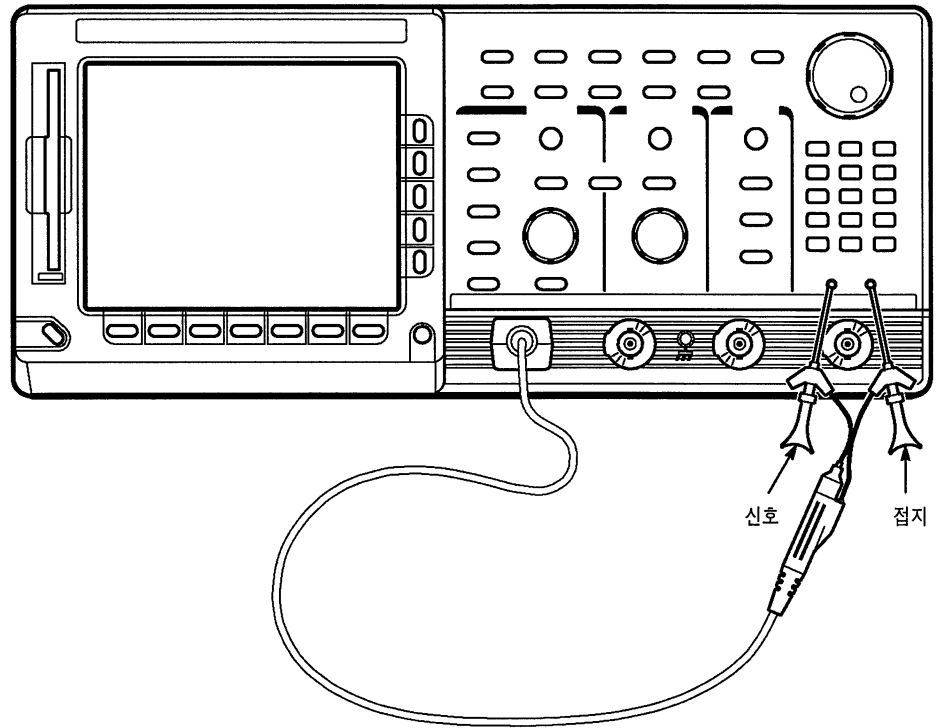


그림 2-1 프로브 연결(P6245 모델)

오실로스코프 재설정

Example 을 시작하기 전에 오실로스코프를 공장 설정으로 재설정하려면 다음 순서대로 한다.(새 작업을 시작할 때나 기본 설정으로 새로 시작하고 싶으면 언제든지 오실로스코프를 재설정할 수 있다.)

1. Save/Recall 의 **SETUP** 단추를 눌러 Setup 메뉴를 표시한다(그림 2-2 참고).

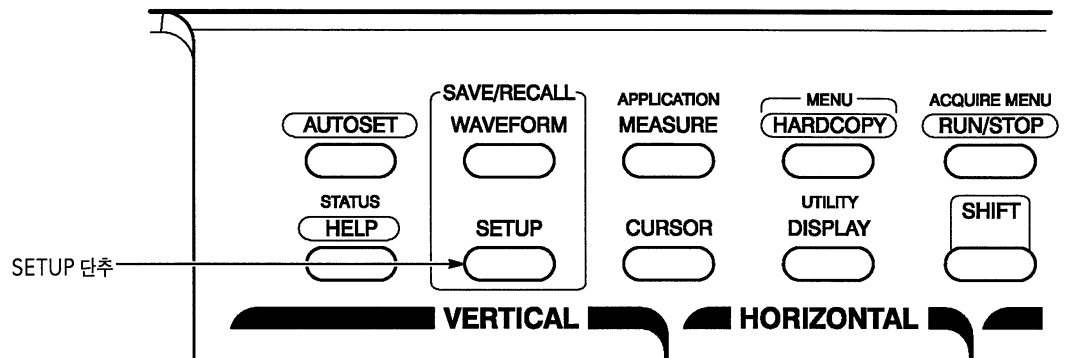


그림 2-2 SETUP 단추 위치

오실로스코프 화면 아래의 주 메뉴가 나타난다. 그림 2-3은 Setup 주 메뉴이다.

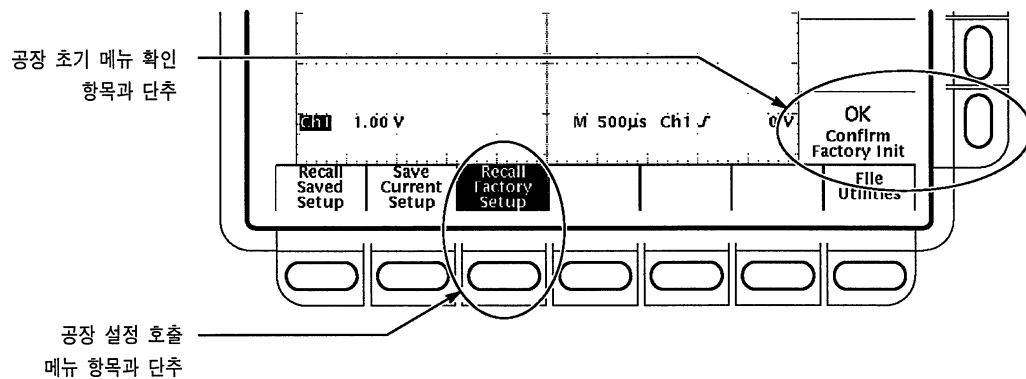


그림 2-3 Setup 메뉴

2. **Recall Factory Setup** 메뉴 바로 아래 있는 단추를 누른다.

화면 오른쪽에 **사이드 메뉴**가 나타난다. 사이드 메뉴 선택 단추는 사이드 메뉴의 오른쪽에 있다.

재설정을 잘못하면 힘들여 설정해 놓은 내용들이 없어지기 때문에 Recall Factory Setup을 선택했는지 다시 확인하라는 메시지가 나타난다(그림 2-3 참고).

3. **OK Confirm Factory Init** 사이드 메뉴 항목의 오른쪽에 있는 단추를 누른다.

주 이 설명서에서는 아래와 같은 표기법으로 사용자가 1,2,3 단계에서 선택한 사항을 다음과 같이 나타낸다. Save/Recall **SETUP**→**Recall Factory Setup(main)**→**OK Confirm Factory Init(side)**를 누른다.



시계 아이콘이 화면에 나타난다. 실행 시간이 오래 걸릴 경우 이 시계 아이콘이 나타난다.

4. **SET LEVEL TO 50%**(그림 2-4 참고)를 누르면 수신 신호를 트리거한다.

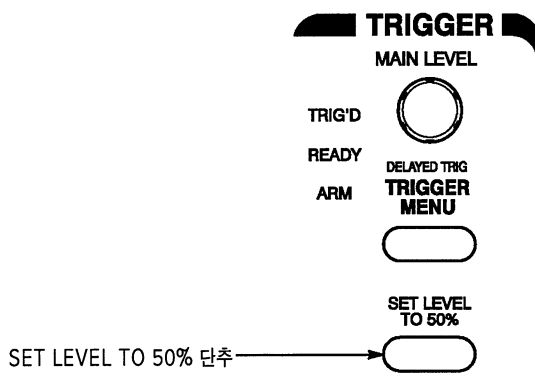


그림 2-4 트리거 조정

디스플레이 요소 검사

Example을 시작하기 전에 아래 설명을 읽고 오실로스코프 화면에 익숙해지도록 한다.

그림 2-5는 오실로스코프를 재설정할 때 나타나는 화면이다. 여기서는 7가지 중요 사항에 유의해야 한다.

- 수준 막대는 파형이 진폭의 거의 50% 수준에서 트리거된다는 것을 보여준다(단계 4에서).
- 트리거 위치 표시는 파형이 트리거 위치가 계수판의 수평 중앙이라는 것을 나타낸다.
- 채널 기준 표시는 수신 신호가 없는 채널 1의 수직 위치를 나타낸다. 이 표시는 수직 메뉴에서 수직 오프셋이 0 V로 설정되어 있을 때 그 채널의 접지 수준을 나타낸다. 수직 오프셋이 0 V로 설정되지 않았을 때는 이 표시가 수직 오프셋을 가리킨다.

- 트리거 정보값을 보면 오실로스코프가 상승 에지에서 채널 1(Ch 1)을 트리거링하고 있다는 것을 나타내며 트리거 수준은 약 200-300 mV이다.
- 시간축 정보를 보면 주 시간 기준이 수평으로 500 μ s/div.에 설정되어 있다는 것을 보여주고 있다.
- 채널 정보에는 채널 1(Ch 1)이 DC 커플링과 함께 나타난다. (AC 커플링에서는 volt/div 판독 후에 ~ 표가 나타난다.) 재설정하면 오실로스코프는 항상 채널 1을 화면에 나타낸다.

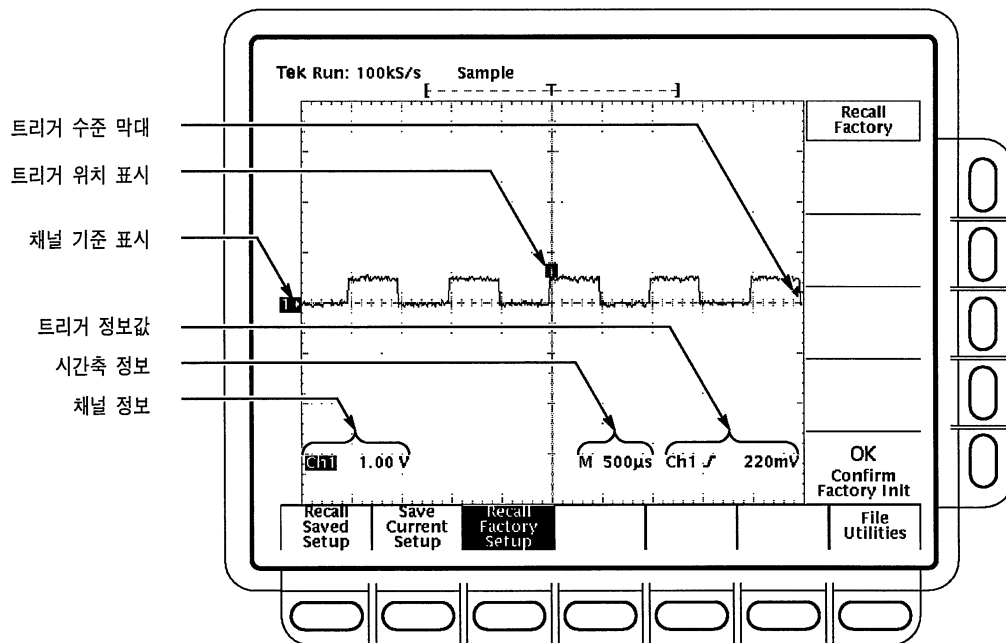


그림 2-5 공장 초기 설정 화면

메뉴가 화면에 나타나므로 채널, 시간 기준, 그리고 트리거 정보가 계수판에 즉시 나타난다. 메뉴를 삭제하거나 판독값을 계수판 아래로 이동시키려면 언제든지 CLEAR MENU 단추를 누른다.

Example 1: 파형 디스플레이

TDS 오실로스코프에서는 프론트 패널 노브를 이용해 파형을 조절하거나 자동 설정된 조절기들을 이용하여 파형을 화면에 표시한다. 파형 조절 방법과 TDS 오실로스코프 자동 설정 방법을 익힌다.

파형 화면 조정

파형 화면에는 프로브 보정 신호가 나타난다. 약 0.5 V 진폭의 1 KHz 구형파이다.

그림 2-6은 프런트 패널의 VERTICAL 및 HORIZONTAL 메뉴 섹션이다. SCALE과 POSITION 노브로 조정한다. 파형의 크기와 위치를 조정하려면 프런트 패널 노브를 사용하여 다음 순서대로 한다.

1. 수직 **SCALE** 노브를 시계 방향으로 돌린다. 화면에 나타난 파형의 변화와 화면 아래의 채널 정보를 관찰한다.

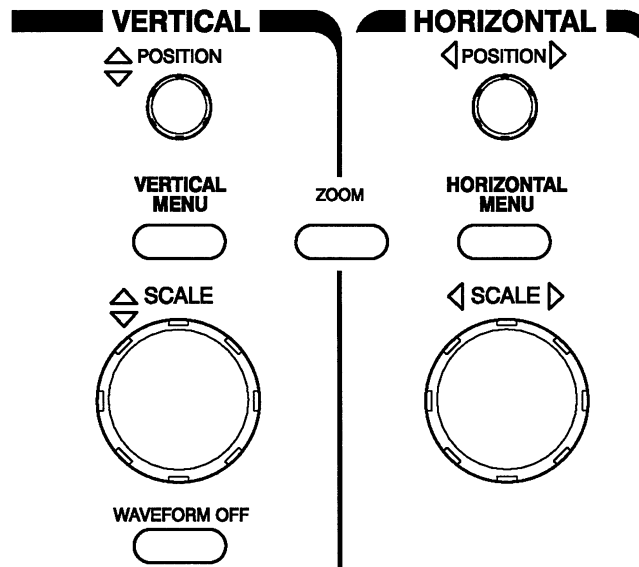


그림 2-6 VERTICAL 및 HORIZONTAL 조절기

2. 수직 **POSITION** 노브를 먼저 한 방향으로 돌린 다음 반대 방향으로 돌린다. 표시된 파형에 나타난 변화를 관찰한 다음, 파형을 계수판 중앙에 오게 한다.
3. 수평 **SCALE** 노브를 시계 방향으로 한 눈금 돌린다. 화면 하단의 시간축 정보를 관찰한다. 시간축은 $200 \mu\text{s}/\text{div}$ 에 세트가 되어 있어야 하며, 화면 상에서 두 개의 완전한 파형 사이클이 나타나야 한다.

오실로스코프 자동 설정

신호를 채널에 처음 연결하여 디스플레이할 때, 화면에 나타난 신호가 정확하게 스케일이나 트리거되지 않을 수 있다. 자동 설정 기능을 사용하면 즉시 화면이 제대로 나타난다.

마지막 단계에서 안정된 프로브 보정 파형 디스플레이를 얻어야 한다. 다음 절차를 따라 우선 불안정한 디스플레이를 만든 다음 화면을 자동 설정한다.

1. 불안정한 디스플레이를 만들려면, 트리거 **MAIN LEVEL** 노브(그림 2-7)를 한쪽 방향으로 천천히 돌린 다음 반대 방향으로 돌린다. 트리거 수준을 파형의 가장 높은 곳 위로 이동시킬 때 어떤 현상이 일어나는가 관찰한다. 트리거 수준을 트리거되지 않은 상태 그대로 놓아둔다.

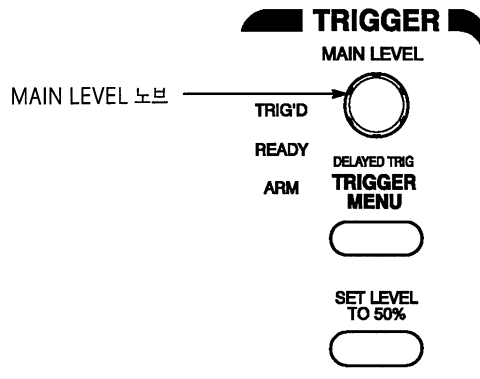


그림 2-7 TRIGGER 조절

2. **AUTOSET**(자동 설정) 단추를 누른 다음 안정된 파형 디스플레이를 관찰한다 (그림 2-8 참고).

주 오실로스코프는 입력 신호에서 트리거한다. 이따금 오실로스코프는 현재 설정을 사용하여 볼 수 없는 고주파 신호 요소를 트리거한다. 사용자는 더 높은 수평 스케일 설정에서 이들 신호 요소를 볼 수 있다. 더 짧은 프로브 접지와 신호 리드를 사용하거나 대역폭 제한을 사용하여 이들 신호 요소를 제거할 수 있다.

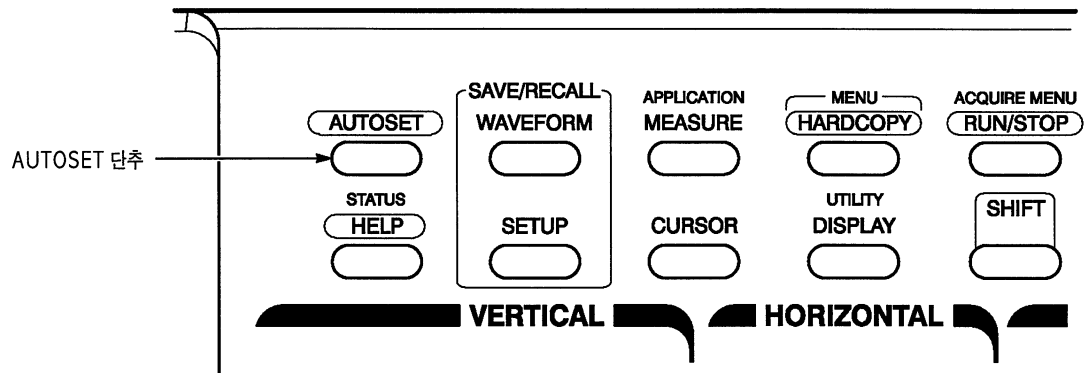


그림 2-8 AUTOSET 단추 위치

그림 2-9는 AUTOSET를 누른 다음의 화면이다. 필요하다면 앞에서 설명한 노브를 사용하여 파형을 조절한다.

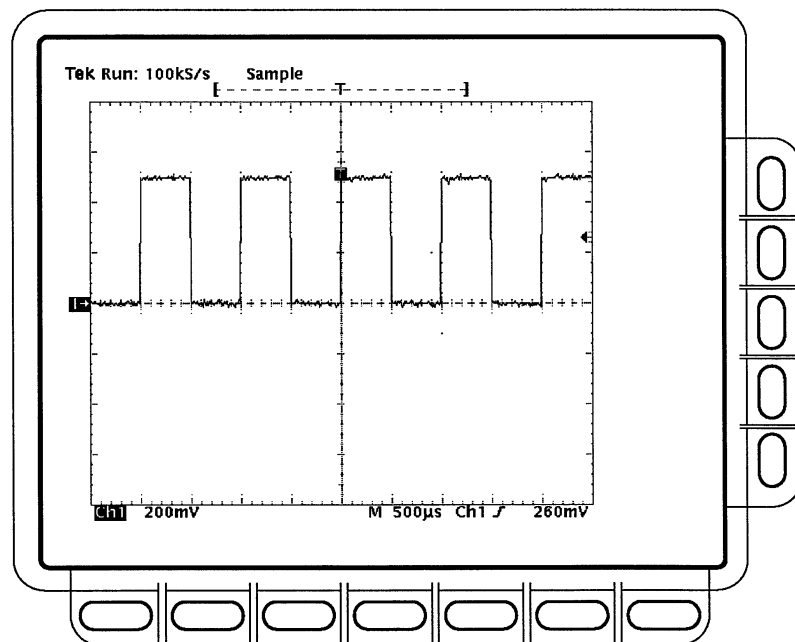


그림 2-9 AUTOSET를 누른 후의 화면

주 패시브 프로브(예: P6139A)를 사용할 때는 나타난 신호의 모서리가 둥글거나 뽀족하게 보일 수가 있다(그림 2-10 참고). 이런 경우에는 프로브를 보정해야 한다. 3-6 쪽의 “패시브 프로브 보정” 참고.



그림 2-10 프로브 보정이 필요한 디스플레이 신호

Example 2: 다중 파형 디스플레이

TDS 오실로스코프에서는 4개의 채널과 3개의 연산 파형, 그리고 4개의 표준 파형을 동시에 화면에 표시할 수 있다. 한 번에 여러 개의 파형을 동시에 표시하고 조절할 수 있다.

파형 추가

프론트 패널의 VERTICAL 구역에는 채널 선택 단추가 여러 개 있다. 채널 선택 단추에는 CH 1, CH 2, CH 3, CH 4, MORE 이 있다(그림 2-11 참고). (CH 3과 CH 4는 모델에 따라 AUX 1과 AUX 2로 대체된다. xiv 쪽 “기본 모델”과 1-3 쪽의 “모델별 차이점”을 참고한다.)

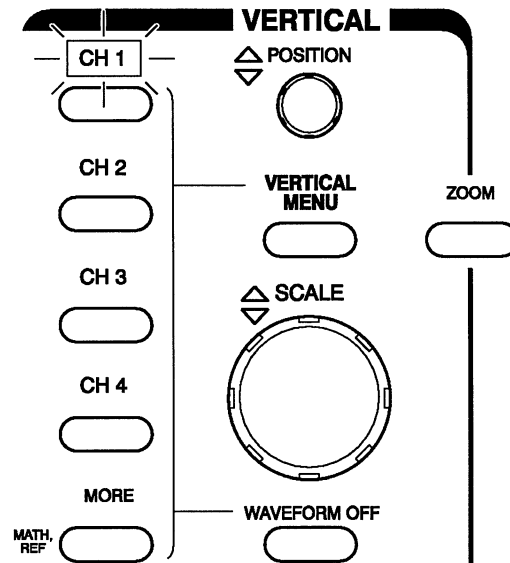


그림 2-11 채널 단추와 표시등

각 채널(CH) 단추에는 표시등 장치가 되어 있다. 현재 그림에서 CH 1이 켜진 상태이다. 이 등이 켜지면 수직 조절 장치들이 채널 1을 조절하도록 설정되어 있다는 표시이다. 다음 방법으로 화면에 파형을 추가한다.

1. 앞에서 한 Example 을 계속하는 경우가 아니면, 2-9 쪽의 “설정 예” 설명을 따른다.
2. **SETUP → Recall Factory Setup(main) → OK Confirm Factory Init(side)**를 누른다.
3. **AUTOSET**을 누른다.
4. **CH 2**를 누른다.

화면에 채널 2의 신호를 나타내는 두 번째 파형이 표시된다. CH 2 입력 커넥터에는 연결된 것이 없기 때문에 이 파형은 평평한 선으로 나타난다. 이 외에도 몇가지 관찰해야 할 사항들이 있다.

- 화면의 채널 정보는 현재 Ch 1과 Ch 2의 설정값이다.

- 계수판의 왼쪽 가장자리에 현재 두 개의 채널 표시가 겹쳐 있다.
 - CH 2 단추 위의 표시등이 현재 켜져 있고, CH 1 표시등은 꺼져 있다. 노브를 돌리면 한번에 한 채널만 조절할 수 있으므로 수직 제어는 현재 채널 2를 조절하도록 설정되어 있다.
 - 트리거 정보는 트리거가 채널 1의 트리거 이벤트를 탐지하고 있다는 표시이다. 채널을 하나 더 추가해도 트리거 소스가 바뀌지는 않는다. (TRIGGER MENU 단추로 트리거 메뉴를 표시한 다음 트리거 소스를 바꿀 수 있다.)
5. 수직 **POSITION** 노브를 시계 방향으로 돌려서 채널 2 파형을 계수판 위쪽으로 이동시킨다. 채널 2의 채널 기준 표시가 파형과 함께 움직이는 것을 볼 수 있다.
6. **VERTICAL MENU → Coupling(main)** 을 누른다.
- VERTICAL MENU 단추를 사용하여 많은 수직 채널 매개 변수를 조절할 수 있는 메뉴를 표시한다(그림 2-12 참고). 2개 이상의 채널을 표시할 수 있지만 수직 메뉴와 단추들은 선택한 채널 조절에만 사용할 수 있다.
- 수직 메뉴 안의 각 메뉴 항목은 사이드 메뉴를 나타낸다. 현재 주 메뉴의 커플링 항목이 강조 표시된 상태이다. 즉, 사이드 메뉴에서는 커플링 선택 항목이 나타난다. 사이드 메뉴의 맨 위에 있는 메뉴 제목은 메뉴 선택에 따라 영향을 받는 채널을 보여주고 있다. 그 채널은 항상 점등된 채널 단추와 일치한다.
7. **GND(side)**를 눌러서 선택을 접지로 토글한다. 그러면 채널 2의 입력 커플링이 DC에서 GND로 바뀐다. 채널 2의 채널 정보에는(계수판의 아래) 이제 접지 표시가 나타난다.

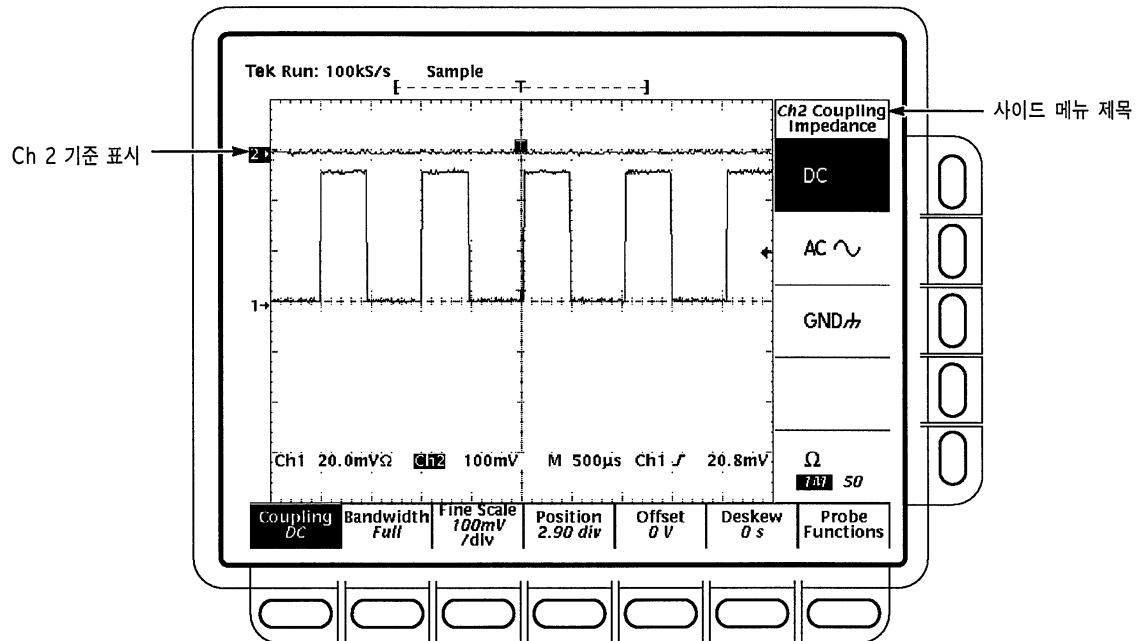


그림 2-12 수직 주 메뉴와 커플링 사이드 메뉴

제어를 다른 채널로 지정

채널(CH) 단추를 누르면 수직 제어가 그 채널로 설정된다. 새로 설정된 채널의 파형이 화면에 없으면 화면에 추가로 표시한다. 제어를 다른 채널로 지정하려면 다음 순서대로 한다.

1. **CH 1**을 누른다.

현재 사이드 메뉴의 제목에 **Ch1**이라고 나타나 있고(그림 2-13 참고), **CH 1** 표시등이 켜져 있다. 사이드 메뉴에서 채널 2의 **GND**에서 채널 1의 **DC** 커플링으로 설정이 바뀐다.

2. **DC** 선택을 토글하려면 **CH 2→ DC** (side)를 누른다. 이렇게 하면 채널 2의 입력 커플링이 초기 상태로 돌아간다.

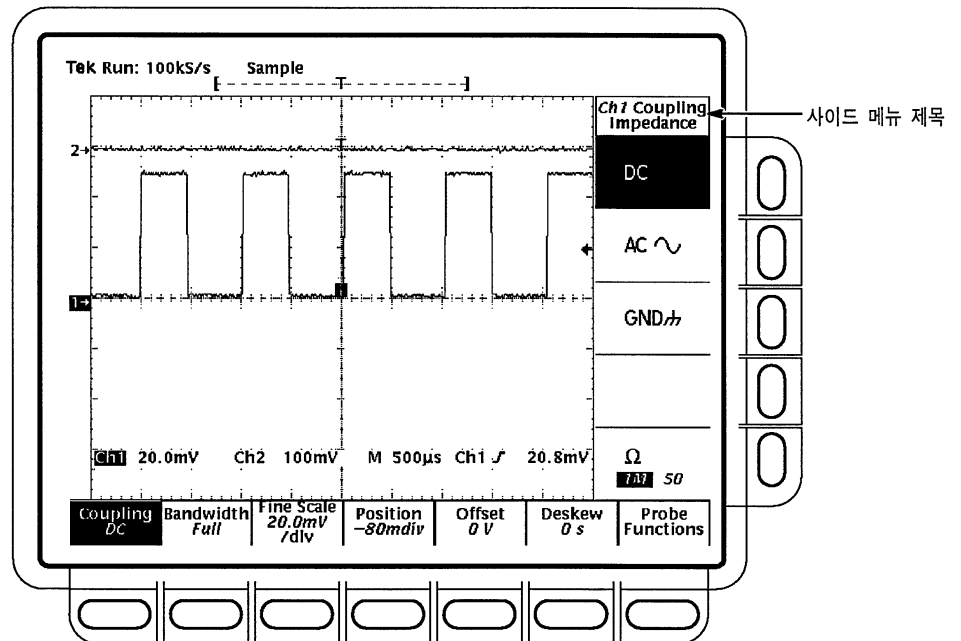


그림 2-13 채널 변경 후 메뉴

파형 삭제

WAVEFORM OFF 단추를 누르면 현재 선택한 채널의 파형이 지워진다. 삭제할 파형을 선택하지 않았으면 채널 (CH) 단추로 채널을 선택한다.

1. 수직 **SCALE** 노브 아래의 **WAVEFORM OFF**를 누른다.

WAVEFORM OFF를 누르면 CH 2 표시등이 켜지므로 채널 2의 파형이 삭제된다.

채널 (CH) 표시등이 현재 채널 1을 나타내므로 채널 1이 선택된 채널이다. 파형을 모두 삭제하면 CH 등이 꺼진다.

2. 채널 1 파형을 삭제하려면 **WAVEFORM OFF**을 다시 누른다.

Example 3: 자동 측정

TDS 오실로스코프는 많은 파형 매개 변수를 자동으로 측정하며 화면에 그 결과를 나타낸다. 파형을 자동으로 측정하기 위해 오실로스코프를 설정하려면 다음 순서대로 한다. 3-137 쪽 “측정 통계 디스플레이”와 3-145 쪽 “히스토그램 디스플레이”, 3-148 쪽 “마스크 테스트”를 참고한다.

자동 측정 디스플레이

자동 측정 시스템을 사용하려면 신호가 안정적으로 나타나야 하며 측정하는 데 필요한 요소들이 파형에 모두 갖춰져 있어야 한다. 예를 들어 상승 시간을 측정하려면 적어도 한 개 이상의 상승 에지가 있어야 하고 주파수를 측정하려면 최소한 한 번 이상의 사이클이 필요하다. 자동 측정을 하려면 다음 순서대로 한다.

1. 이전 Example 에서 계속하는 경우가 아니라면 2-9 쪽 “설정 예”에서 설명한 지침대로 한다.
2. **SETUP → Recall Factory Setup(main) → OK Confirm Factory Init(side)**
3. **AUTOSET** 을 누른다.
4. 측정 주 메뉴를 보려면 **MEASURE** 을 누른다(그림 2-14 참고).
5. 선택하지 않았으면 **Select Measrmnt(main)** 를 누른다. 주 메뉴 항목의 판독값을 보면 어느 채널에서 측정했는지 알 수 있다. 자동 측정은 항상 선택된 채널에 대해 실행된다.

사이드 메뉴의 **Select Measurement**에는 파형에 대해 수행할 수 있는 측정 목록이 있다. 여러가지 측정을 할 수 있고, 한번에 최대 4 개까지 측정하고 표시할 수 있다. **-more-** 메뉴 항목 옆에 있는 단추를 누르면 다른 측정 선택을 볼 수 있다.



6. **Frequency(side)** 를 누른다. **Frequency** 메뉴 항목이 없으면 나타날 때까지 **-more-(side)** 를 계속 누른 다음 **Frequency(side)** 를 누른다.

주파수 측정값이 계수판의 오른쪽에 나타난다. 측정값에는 **Ch1**이라는 주석이 있는데 이것은 채널 1의 파형에 대해 측정했다는 표시이다(다른 채널에 대해 측정하려면 원하는 채널을 선택한 다음 측정을 선택한다).

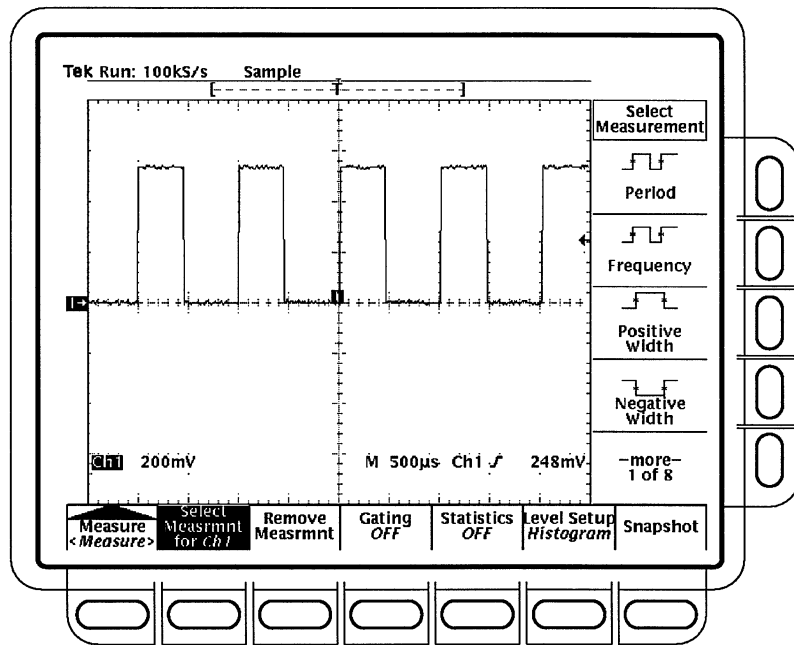
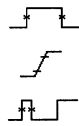


그림 2-14 Measure 주 메뉴와 Select Measurement 사이드 메뉴



7. **Positive Width(side)→-more-(side)→Rise Time(side)→Positive Duty Cycle(side)**를 순서대로 누른다.

4개 측정이 모두 표시된다. 현재 표시된 파형을 포함하여 계수판 구역의 일부에 나타나 있다.

8. 측정값을 계수판 구역 밖으로 옮기려면 **CLEAR MENU**를 누른다(그림 2-15 참고).

측정 삭제

필요없는 파형을 삭제하려면 측정 메뉴를 사용한다. 측정값을 개별적으로 삭제하려면(한꺼번에 삭제할 수도 있다.) 다음 순서대로 한다.

1. TDS 600B: **MEASURE → Remove Measrmt(main) → Measurement 1, Measurement 2, Measurement 4(side)**를 누르면 각 해당 측정이 삭제된다. 상승 시간 측정값은 남는다.
2. TDS 500D 와 TDS700D: **MEASURE → Measure(pop-up) → Remove Measrmt(main) → Measurement 1, Measurement 2, Measurement 4(side)**를 누르면 각 해당 측정이 삭제된다. 상승 시간 측정값은 남는다.

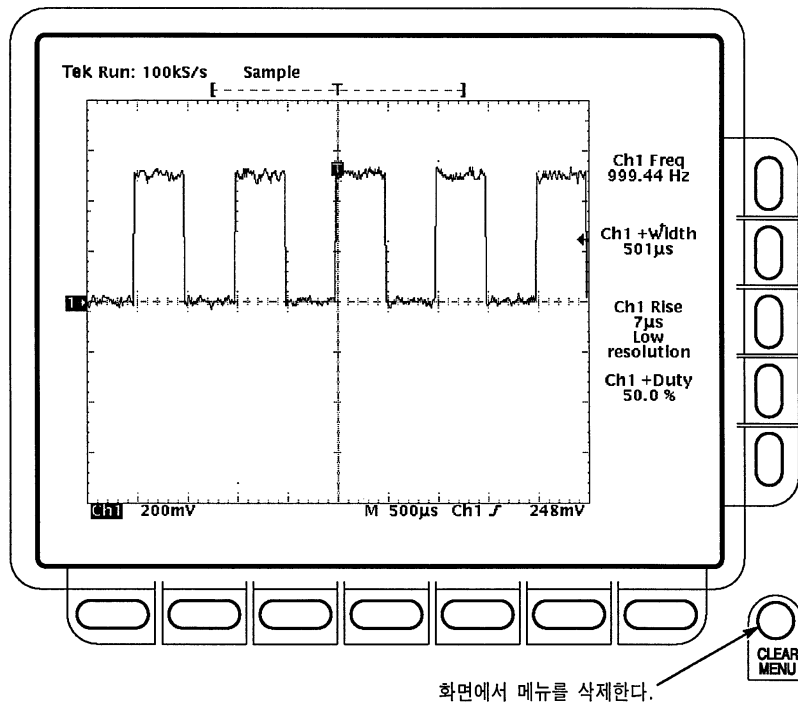


그림 2-15 4개 측정 동시 판독

측정 기준 수준 변경

상승 시간 측정 시 측정 시스템에서는 파형의 10%와 90% 수준을 사용하도록 기본 설정되어 있다. 사용자가 수준을 다른 값으로 변경하거나 절대 전압 수준으로 변경할 수 있다.



현재 값을 확인하려면 **Level Setup(main) → High Ref(side)**를 누른다.

범용 노브 범용 노브(큰 노브)는 현재 높은 기준 수준을 조정하도록 설정되어 있다(그림 2-16).

화면에서 다음 중요 사항을 확인한다.



- 노브 아이콘이 화면 상단에 나타난다. 노브 아이콘은 범용 노브가 매개 변수를 조정하도록 설정되었다는 표시이다.
- 화면의 위 오른쪽 모서리에 High Ref:90%가 나타난다.
- High Ref 사이드 메뉴 항목이 강조 표시되고 High Ref 메뉴 항목의 90% 판독값 근처에 상자가 나타난다. 이 상자는 범용 노브가 현재 이 변수를 조정하도록 설정되어 있다는 표시이다.

범용 노브를 오른쪽, 왼쪽으로 돌린 다음 최고 수준 80%로 조정한다. 이렇게 하면 고 측정 기준이 80%로 설정된다.

힌트: 범용 노브로 신속하게 큰 값을 변경하려면 **SHIFT** 단추를 누른 채로 노브를 돌린다. **SHIFT** 단추 표시등이 켜지고 위 오른쪽에 **Coarse Knobs**라는 표시가 나타나면 범용 노브의 속도가 빨라진다.

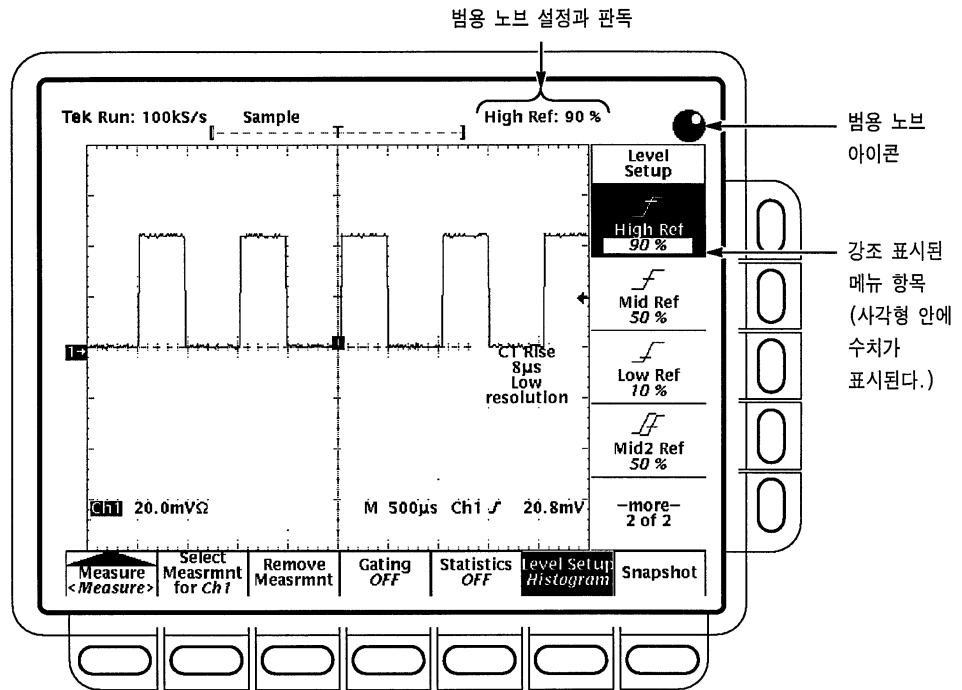


그림 2-16 범용 노브 표시

숫자 키패드 범용 노브가 숫자 매개 변수를 조정하도록 설정되어 있을 때는 노브 대신 키 패드로 값을 입력할 수 있다. 숫자를 입력한 다음에는 반드시 Enter(↵)를 누른다.

숫자 키패드를 사용하면 승수를 사용할 수 있다(예: mili대신 m, mega 대신 M, micro 대신 μ). 이런 승수값을 입력하려면 SHIFT 단추를 누른 다음 승수 기호를 누른다.



1. **Low Ref(side)**를 누른다.
2. 숫자 키패드에서 2,0,**ENTER**(↵) 단추를 누르면 낮은 측정 기준이 20%로 설정된다. 상승 시간값이 바뀌었는지 확인한다.
3. **Remove Measrmnt(main)→All Measurements(side)**를 누른다. 이렇게 하면 화면이 원래 상태로 돌아간다.

자동 측정된 스냅샷 표시하기

지금까지 화면에서 4개의 자동 측정을 각각 표시하는 방법을 설명하였다. **Select Measrmnts** 사이드 메뉴에서 사용 가능한 자동 측정 화면을 모두 돌출 화면으로 표시할 수 있다. 채널 선택 단추로 선택한 현재 파형에 대해 이런 측정 스냅샷을 볼 수 있다. 개별 측정을 표시할 때 신호가 안정적으로 나타나야 하므로 그 신호에는 측정에 필요한 요소가 모두 있어야 한다.

1. 단일 파형 측정의 스냅샷을 보려면 **Snapshot(main)**을 누른다(그림 2-17).

스냅샷에는 Ch 1 라벨이 같이 표시되는데 이것은 채널 1 파형에 대한 측정이라는 표시이다. 채널 선택 단추로 채널을 먼저 선택하면 다른 채널의 파형에 대한 스냅샷을 볼 수 있다.

스냅샷의 측정값은 계속 갱신되지 않는다. 스냅샷은 모든 측정을 한 번 포착한 내용이 표시되는 것이므로 측정을 다시 하면 이 내용으로 갱신되지 않는다.

2. 스냅샷의 측정값을 갱신하려면 **Again(side)**를 누른다.
3. 스냅샷 화면을 삭제하려면 **Remove Measrmnt(main)**를 누른다(**CLEAR MENU**를 눌러도 스냅샷이 삭제되지만 다음에 **Measure** 메뉴를 표시할 때 새 스냅샷이 실행된다).

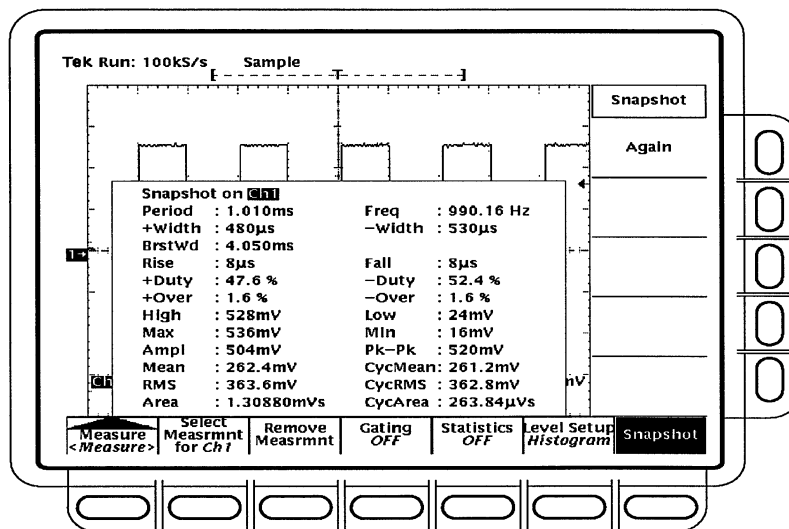


그림 2-17 채널 1의 스냅샷

Example 4:설정 저장

TDS 오실로스코프는 제어 설정을 저장했다가 나중에 다시 불러 내어 사용할 수 있다. TDS에는 최대 10개의 설정 내용을 저장할 수 있다. 또한 파일 시스템이 있어서 플로피 디스크, 옵션 하드 디스크 디스크, 또는 외부 Zip 드라이브에 설정 내용을 저장할 수도 있다. 설정을 저장하고 불러 내려면 다음 순서대로 한다.

주 설정을 여러 개 저장할 수 있을 뿐 아니라 전원을 꺼도 각 설정의 매개 변수를 모두 기억한다. 이 기능으로 전원을 켜고 다시 일일이 설정하지 않고도 중단되었던 시점에서 계속할 수 있다.

설정 저장

먼저, 저장하고 싶은 설정을 만든다. 설정이 복잡한 경우 다음 순서대로 저장하면 디스플레이할 때마다 일일이 다시 설정하지 않아도 된다.

1. 이전 Example 에서 계속하는 경우가 아니면 2-9 쪽 “설정 예”에서 설명한 지침을 따른다.
2. **SETUP→Recall Factory Setup(main)→OK Confirm Factory Init(side)**를 누른다.
3. **AUTOSET** 을 누른다.
4. **MEASURE→Select Measrmnt(main)→Frequency(side)**를 누른다. (**Frequency** 선택이 사이드 메뉴에 없으면 **-more-** 사이드 메뉴 항목을 누른다.)
5. **CH 2→CLEAR MENU**를 누른다.
6. Setup 주 메뉴를 보려면 **SAVE/RECALL SETUP→Save Current Setup(main)**를 누른다. (그림 2-18 참고)



주의 사이드 메뉴의 설정 위치는 저장된 설정이 있으면 사용자 설정이라고 나타난다. 저장된 설정이 없으면 공장으로 표시된다. 저장된 설정에 겹쳐 쓰지 않으려면 공장 설정 위치를 선택한다.(공장 설정 위치에는 공장 설정이 기본값으로 저장되어 있고 이전에 저장된 설정에 영향을 미치지 않고 현재 저장을 설정할 수 있다.)

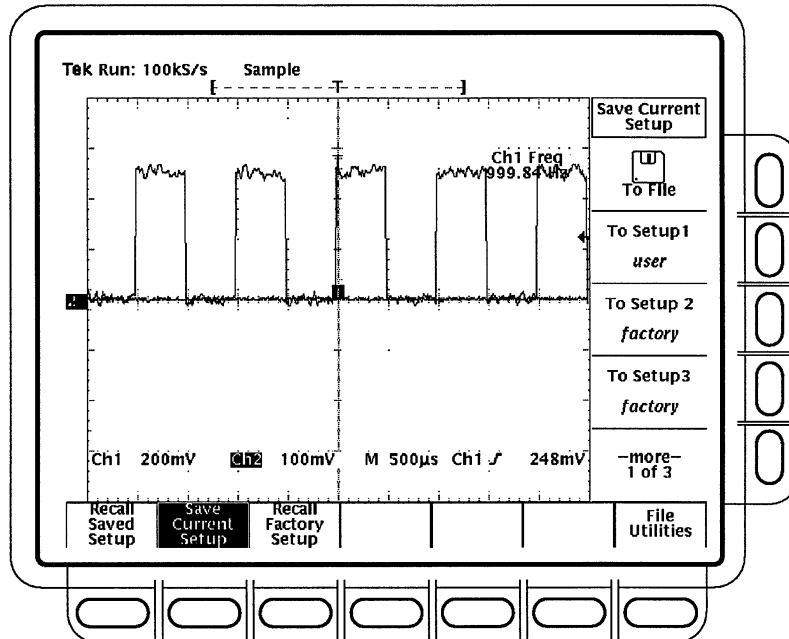


그림 2-18 Save/Recall Setup 메뉴

7. 현재 계기 설정을 그 설정 위치로 저장하려면 **To Setup** 사이드 메뉴 단추 중 하나를 누른다.

사이드 메뉴에는 한 번에 목록으로 나타나는 것보다 더 많은 설정 위치가 있다. -more- 사이드 메뉴 항목을 사용하여 모든 설정 위치를 이용할 수 있다.

일단 특정 설정을 저장한 다음 원할 때 설정을 변경할 수 있고 언제라도 원래 설정으로 되돌아갈 수 있다.



8. TDS 600B: 해당 설정에서 측정한 내용을 화면에 추가로 표시하려면 **MEASURE** → **Positive Width(side)**를 누른다.



9. TDS 500D와 TDS 700D: 해당 설정에서 측정한 내용을 화면에 추가로 표시하려면 **MEASURE** → **Measure(pop-up)** → **Positive Width(side)**를 누른다.

설정 불러오기

설정을 불러오려면 **SAVE/RECALL SETUP → Recall Saved Setup(main) → Recall Setup(side)**를 눌러 가장 최근에 사용한 설정 위치를 불러온다. 설정을 저장한 다음 포지티브 폭 측정을 선택했기 때문에 이 측정은 화면에서 삭제된다.

이것으로 예를 이용한 연습을 마쳤다. 기본 설정을 복구하려면 **SETUP → Recall Factory Setup(main) → OK Confirm Factory Init(side)**를 누른다.

참 고

개요

이 장에서는 파형을 측정, 테스트, 처리하고 저장, 기록하기 위해서 반드시 실행해야 할 작업을 자세하게 설명한다. 3단원으로 구성되어 있으며, 파형의 획득, 안정된 디스플레이, 측정에 필요한 기본 작업을 다룬다.

- 파형 획득 및 디스플레이
- 파형 트리거링
- 파형 측정

파형을 일단 포착하고 측정한 다음 그 측정을 저장해 두었다가 나중에 불러올 수 있고, 파형 포착과 측정에 사용하는 설정을 조절할 수도 있다. 디스플레이 화면을 파형 및 설정 정보와 함께 저장하여 전자 출판 시스템으로 작성한 문서에 포함시킬 수도 있다. 혹은, 디지털 방식으로 처리할 경우도 있다(더하기, 곱하기, 나누기, 미분, 적분 또는 FFT). 다음 두 항목에서 그 방법을 설명한다.

- 파형 및 설정 저장
- 고급 응용 기능 사용

작업을 하면서 사용자가 사용 중인 제어 설정의 전체 목록을 화면에서 한 눈에 보거나 설명서를 직접 찾아보지 않고도 프론트 패널 컨트롤이나 메뉴의 작동 방법에 대한 도움말을 화면에서 쉽게 볼 수 있다. 다음에서 그 두 가지 방법을 설명한다.

- 상태 파악과 도움말 사용

여기서는 항목 내용을 수행하기 위한 절차를 단계적으로 설명하고 있다. 먼저 서문의“표기 규약”(xii쪽)을 꼭 읽도록 한다.

다음은 각 항목별 목차이다.

파형 획득 및 디스플레이	오실로스코프에 파형 연결	3-5
	자동 설정: Autoset 과 Reset	3-9
	채널 선택	3-12
	파형 스케일링 및 포지셔닝	3-15
	획득 모드 선택	3-27
	디스플레이 사용자 조정	3-40
	디스플레이 색 사용자 설정	3-47
	파형 줌	3-53
	DPO 획득 모드	3-59
	FastFame [™] 사용	3-67
파형 트리거링	트리거링 개념	3-73
	프론트 패널에서 트리거링	3-78
	파형 에지에 트리거링	3-82
	로직 트리거링	3-86
	펄스에서 트리거링	3-99
	통신 트리거링	3-113
	지연된 트리거링	3-117
파형 측정	자동 측정	3-126
	커서 측정	3-138
	계수판 측정	3-144
	히스토그램 디스플레이(TDS 500D와 TDS 700D에만 적용)	3-145
	마스크 테스트(옵션 2C에만 적용)	3-148
	측정 정밀성의 최적화: SPC 와 Probe Cal	3-156
파일 및 설정의 저장	설정을 저장하고 불러오기	3-165
	파형의 저장과 불러오기	3-168
	파일 시스템 관리	3-175
	하드카피 인쇄	3-180
	리모트 장치로 통신	3-191

상태 파악과 도움말 사용	상태 디스플레이	3-197
	배너 디스플레이	3-199
	도움말 디스플레이	3-199
고급 응용 기능 사용	리밋 테스트	3-201
	파형 연산	3-206
	고속 푸리에 변환	3-209
	파형 미분	3-228
	파형 적분	3-233

파형 획득 및 디스플레이

파형을 측정 또는 관찰하기 위하여 TDS 오실로스코프를 사용할 때는 파형을 획득하고, 선택하고, 디스플레이하는 방법을 알아야 한다. 이 단원에서는 다음 작업을 수행하는 방법을 설명한다.

- 파형을 오실로스코프 채널에 연결하는 방법
- 채널을 선택하여 그 디스플레이를 켜고 끄는 방법
- 화면에서 선택한 채널의 크기와 위치를 조절하는 방법
- 메뉴를 사용하여 수직 (커플링, 오프셋, 대역폭) 과 수평 (시간축, 레코드 길이 등) 매개 변수를 설정하는 방법

이 단원에서는 파형을 획득하는 데 적절한 획득 모드를 선택하고 디스플레이를 용도에 따라 조정하는 방법 (화면 구성 요소들의 색 선택 포함), *Zoom*, *FastFrame*, 그리고 *DPO* 기능을 사용하는 방법을 다룬다.

오실로스코프에 파형 연결

Tektronix에서는 각종 신호들을 이 제품의 입력 채널에 연결시키는 다양한 프로브와 케이블들을 만들고 있다. 여기서는 커플링에 중요한 두 가지 사항인 “프로브 보정”과 “입력 임피던스 유의사항”을 설명한다.

오실로스코프에 프로브가 함께 제공되었을 경우에는 이 프로브를 사용하여 파형을 오실로스코프에 연결한다. A-6 주 “액세서리 프로브”에는 그 밖의 사용 가능한 프로브들의 목록이 있다.

TDS 580D, TDS 680B, TDS 684B, TDS 784D, TDS 794D 오실로스코프에는 프로브가 제공되지 않으므로 P6245, P6217 또는 P6158 프로브를 사용하는 것이 좋다. 이 프로브를 사용하면 이 모델들이 제공하는 더 높은 대역폭을 사용할 수 있다.

TDS 500D, 600B, 그리고 700D 오실로스코프에는 범용 프로브가 제공된다 (오실로스코프 모델에 따라서 P6139A 또는 P6243). 이 오실로스코프 모델에 제공되는 표준 액세서리 프로브와 수량은 A-4 쪽 “표준 액세서리”에 목록으로 나와 있다.

Tektronix에서는 또한 각종 신호 소스들을 입력 채널에 연결시킬 수 있는 각종 BNC 케이블과 커넥터들을 제공하고 있다. 신호 연결에 사용되는 지정 품목에 대한 설명을 A-1 쪽 “선택 품목과 액세서리”를 참고하거나 Tektronix 대리점에 문의한다.

주 P6339A 와 같은 버퍼된 패시브 프로브는 보정할 필요가 없다.

패시브 프로브 보정 방법

패시브 프로브를 사용할 때는 신호 왜곡을 피하고 고주파수 진폭 오류가 일어나지 않도록 보정한 뒤 사용한다 (그림 3-1). 프로브 보정 방법은,

1. 프로브를 프론트 패널의 프로브 보정 신호에 연결한다. 프로브의 접지 리드를 프론트 패널의 접지 단자에 연결한다.
2. **AUTOSET** 를 누른다.
3. **VERTICAL MENU** → **Bandwidth (main)** → **20 MHz (side)** 를 누른다.

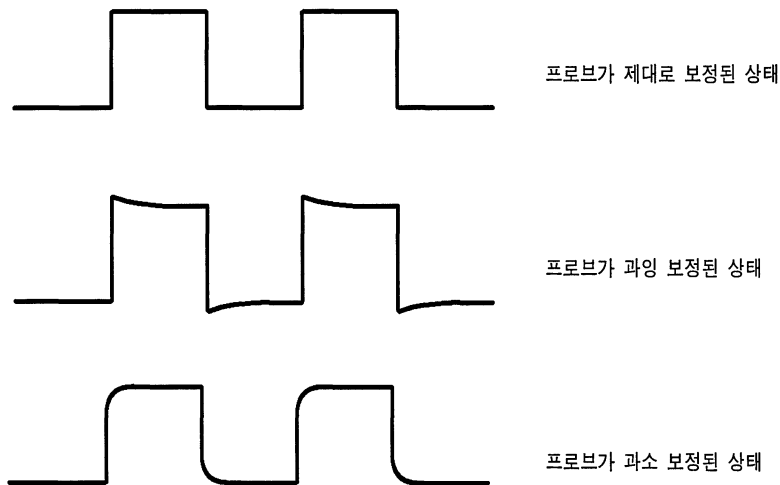


그림 3-1 프로브 보정에 따른 신호 상태

4. 입력 임피던스를 변경하려면, **Coupling(main)** 을 누른 다음 사이드 메뉴에서 선택으로 전환하여 임피던스를 정확하게 설정한다.
5. TDS 500D와 700D 모델에만 적용: **SHIFT ACQUIRE MENU** → **Mode(main)** → **Hi Res(side)** 를 누른다.
6. TDS 600B 모델에만 적용: **SHIFT ACQUIRE MENU** → **Mode(main)** → **Average(side)** 를 누른다. 키패드를 사용하여 애버리지를 5로 설정한다.
7. 윗 부분이 완전히 평평한 구형파가 표시될 때까지 프로브를 조절한다. 그림 3-2는 조절 위치이다.

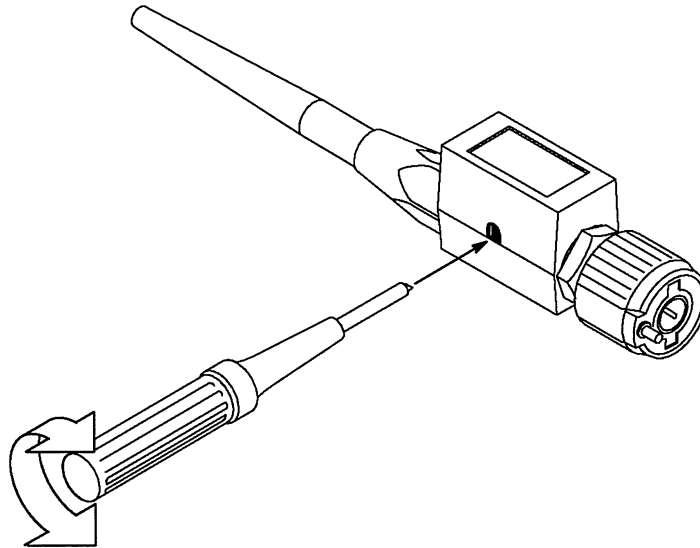


그림 3-2 P6139A 프로브 조절

주 TDS 794D 오실로스코프가 AC, 10M(및 대역폭을 선택하기 위해서는 P6339A 프로브가 메뉴에 나타나야 한다.

임피던스 입력 시 유의 사항

오실로스코프에 입력 신호를 적절히 연결하려면 50Ω 커플링을 사용할 때 다음 사항에 유의한다.

- AC 커플링을 선택하면 200kHz 이하의 주파수는 정확하게 나타나지 않는다.
- 더 높은 설정에 적절한 입력 진폭이 50Ω을 넘어야 하기 때문에 채널의 최대 volts/div 설정이 10V에서 1V로 낮아진다(X10 프로브를 부착했을 때는 100V에서 10V).
- P6245 같은 액티브 프로브를 연결하면 50Ω으로 바뀌면서 AC 커플링을 사용할 수 없게 된다(AC를 선택하면,DC로 커플링을 바꾼다). 이런 프로브들은 또한 방금 설명한 대로 최대 volts/div를 10V로 낮춘다. 이렇게 함으로써 액티브 프로브에 적합한 50Ω의 비AC 커플링으로 설정된다.(레벨 2 또는 3 인터페이스를 사용하는 프로브는 판독값에 Ω이 표시되지 않는다.)

주 액티브 프로브를 제거해도 커플링이 1MΩ으로 돌아가지 않는다. (이전에 AC가 선택되었을 경우에도 AC로 돌아 가지 않는다.) 또한,1MΩ 커플링을 복원할 때, 50Ω 선택으로 제한되었던 volts/division 설정도 복원되지 않는다. 입력 커플링에 적절한 채널 배율,입력 커플링,그리고 임피던스를 설정해야 한다. 50Ω 시스템이 아닌 다른 소스에서 입력된 신호인 경우에는 반드시 1MΩ으로 변경해야 한다.

자세한 설명을 보려면

커플링 및 입력 임피던스 설정을 변경하는 방법에 대한 자세한 설명은 3-18쪽 “수직 매개 변수를 바꾸는 방법”을 참고한다.

프로브 목록을 보려면 A-6 쪽 “액세서리 프로브”를 참고한다.

각종 응용에 사용할 프로브를 선택하는 방법은 D-1 쪽 “부록 D: 프로브 선택”을 참고한다.

자동 설정: Autoset 과 Reset

TDS 오실로스코프는 적절한 크기의 안정된 파형을 자동으로 포착하여 화면에 표시한다. 또, 공장 기본 설정으로 재설정할 수도 있다. 여기서는 Autoset의 설정과 재설정 방법을 설명하고, Autoset의 기본 설정 목록을 열거한다.

Autoset은 입력 신호의 특성을 근거로 자동으로 프론트 패널 제어를 설정한다. 이 방법은 하나씩 설정하는 것보다 훨씬 더 빠르고 쉽다. Autoset에서는 *Acquisition, Display, Horizontal, Trigger, Vertical* 기능을 조절한다.

오실로스코프를 자동 설정하려면

오실로스코프를 자동 설정으로 하는 방법은,

1. 활성화할 입력 채널 단추를 누른다 (예를 들어 **CH 1**).
2. **AUTOSET** 을 누른다.

한 개 또는 여러 개의 채널이 디스플레이되어 있을 때 Autoset을 사용하면 오실로스코프는 가장 낮은 번호의 채널을 선택하여 수평 스케일링과 트리거링을 한다. 수직의 경우, 사용 중인 모든 채널들이 개별적으로 디스플레이된다. 디스플레이된 채널이 없을 때 Autoset을 사용하면 채널 1(CH 1)이 켜지고 스케일된다.

주 Autoset은 파형의 위치를 적절히 조정하기 위해 수직 위치를 바꾸는 수가 있다. 수직 오프셋은 항상 0 V에 설정된다.

표준 마스크가 활성화되면 자동 설정 기능은 선택된 흔적(trace)을 마스크와 일치하도록 조정한다. 수직 스케일과 오프셋, 수평 배율, 트리거 위치, 전 대역폭, 애버리지, 트리거 매개 변수가 표준에 맞게 설정된다. 보정된 광학 프로브를 Ch 1에 부착하고 OC와 FC 표준을 선택하면, Ch 1이 선택되고 나머지 채널들은 꺼진다.

Autoset 기본 설정 목록

표 3-1 은 자동 설정 기본값 목록이다.

표3-1 Autoset 기본값

제어	자동 설정
Selected Channel	디스플레이된 채널 중에서 가장 낮은 번호
Acquire Mode	Sample
Acquire Repetitive Signal (TDS 500D 와 700D 모델에만 적용)	On
Acquire Stop After	RUN/STOP 단추 전용
Deskew, Channel/Probe	변동 없음
Display Style	벡터
Display Intersity - Overall	50% 이하면, 75%로 설정
Display Fomat	YT
FastFrame (TDS 500D 와 700D 모델에만 적용)	Off
Horizontal Postition	계수판 창 중앙
Horizontal Scale	신호 주파수가 결정하는 대로
Horizontal Time Base	주 시간축만
Horizontal Record Length	변동 없음
Horizontal Lock	변동 없음
Horizontal Fit-to-Screen	변동 없음
DPO Acquisitions (TDS 500D 와 700D 모델에만 적용)	변동 없음
Limit Test	Off
Trigger Position	변동 없음
Trigger Type	에지
Trigger Source	가장 낮은 번호의 채널 (선택된 채널)

표3-1 Autoset 기본값 (계속)

제어	자동 설정
Trigger Level	트리거 소스 데이터의 중간점
Trigger Slope	Positive
Trigger Coupling	DC
Trigger Holdoff	Default Holdoff: 5개의 가로 눈금과 동일하게 설정 Adjustable Holdoff: 250ns Mode와 Holdoff 메뉴에서 선택은 default Holdoff 수치 또는 adjustable Holdoff 수치가 사용되는지를 결정.
Vertical Scale	신호 수준에서 결정하는 대로
Vertical Coupling	원래 AC로 설정되지 않았으면 DC. AC는 그대로 유지.
Vertical Bandwidth	Full
Vertical Offset	0 Volts
Zoom	Off

오실로스코프를 재설정하는 방법

오실로스코프를 초기 공장 기본 설정으로 재설정하는 방법은,

1. **Save/Recall SETUP** 단추를 눌러서 설정 메뉴를 표시한다(그림 3-3 참고). **Recall Factory Setup** 메뉴 항목 바로 아래에 있는 단추를 누른다.
2. **OK Confirm Factory Init** 사이드 메뉴 항목 오른쪽에 있는 단추를 누른다.
3. **SET LEVEL TO 50%** 단추(프론트 패널)을 눌러서 오실로스코프가 입력 신호에 트리거하도록 한다.

채널 선택

TDS 오실로스코프는 모든 동작을 특정 파형에 맞추어 실행한다(예를 들면, 측정치 구하기 또는 수직 제어 설정에서 변경된 사항을 선택된 파형에 적용하는 등이 여기에 속한다.). 사용자는 채널 파형, 연산 파형 또는 기준 파형을 선택할 수 있다. 여기서는 파형 선택 방법과 파형 화면을 끄는 방법을 설명한다.

선택한 채널을 확인하는 방법

현재 선택된 채널을 확인하려면 채널 정보를 검사한다. 선택한 채널은 역 비디오로 아래 왼쪽 코너에 나타난다. 선택한 채널의 채널 기준 표시도 화면 왼쪽에 강조 표시된다(그림 3-3 참고).

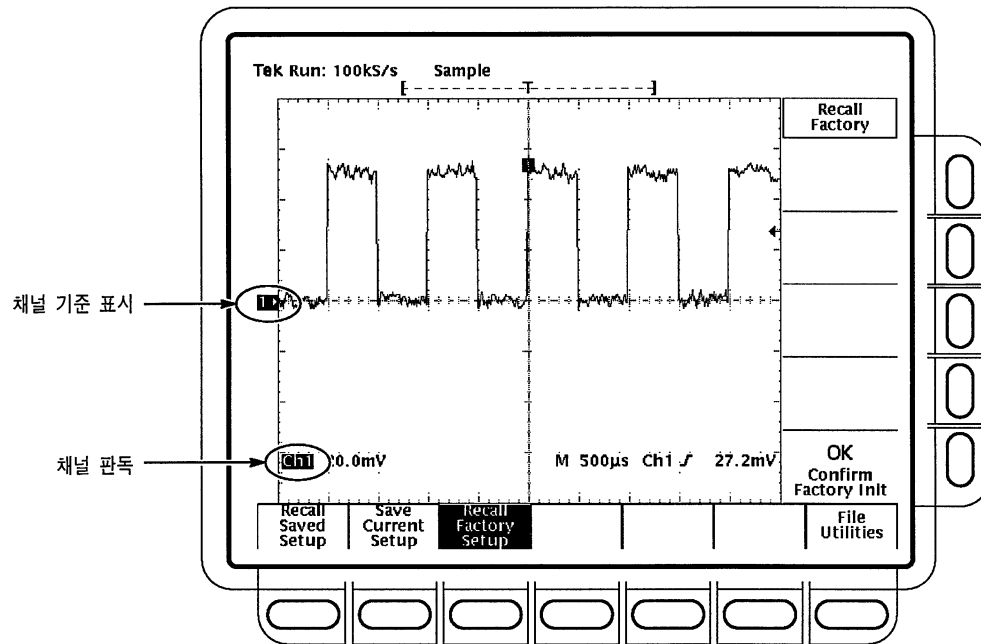


그림 3-3 채널 판독

파형을 선택하고 삭제하는 방법

채널을 선택하려면 화면 오른쪽의 채널 선택 단추를 누른다. **CH 1, CH 2, CH 3, CH 4** 그리고 **MORE** 중 하나를 누르면 해당 채널이 선택되고 꺼져 있으면 다시 화면에 표시된다(**MORE** 단추를 누르면 내부에 저장된 *Math* 및 *Ref* 파형들을 불러내거나 조절할 수 있다). 채널이 선택되면 단추 위에 LED가 켜진다.

파형을 표시하거나 표시된 파형을 삭제하는 방법은,

1. **CH 1, CH 2, CH 3** 또는 **CH 4**를 눌러서 원하는 채널들을 모두 켜다. 마지막으로 누른 채널이 선택된다(채널 하나만 선택했을 경우에는 그 채널이 선택된 채널이다). 채널을 하나 선택하면 그 채널이 켜진다.

채널 선택 단추로 트리거 소스를 선택하지 않는다. 트리거 소스는 **Main Trigger** 메뉴나 **Delayed Trigger** 메뉴에서 선택한다.

2. **WAVEFORM OFF**를 누르면 선택한 채널 파형 화면이 꺼지고 그 파형에 대한 자동 측정 화면도 없어진다.
3. 사용자가 만든 연산 파형이나 저장해 놓은 기준 파형을 선택하려면, **MORE**를 누르고 **More** 메뉴에서 그 파형을 선택한다. **MORE** 단추가 켜져 있는 상태에서 **WAVEFORM OFF**를 누르면 **More** 메뉴에서 선택한 파형의 화면이 없어진다.

파형 선택 순위

파형을 끄면 오실로스코프는 다음과 같은 순위로 파형을 자동으로 선택한다. 그림 3-4는 선택 순위이다.

- | | |
|---------------|----------|
| 1. CH1 | 1. MATH1 |
| 2. CH2 | 2. MATH2 |
| 3. CH3 or AX1 | 3. MATH3 |
| 4. CH4 or AX2 | 4. REF1 |
| | 5. REF2 |
| | 6. REF3 |
| | 7. REF4 |

그림 3-4 파형 선택 순위

그림 3-4에는 두 가지 선택 순위가 나와 있다. 파형을 두 개 이상 끄고 하나의 채널 파형을 끄고 시작하면, **MORE** 파형으로 가기 전에 채널들이 모두 꺼진다. **MORE** 파형부터 끄고 시작하면, 채널 파형으로 가기 전에 **MORE** 파형이 모두 꺼진다.

트리거 소스 채널을 끄면 그 파형이 화면에 나타나지 않아도 그 채널은 계속 트리거 소스가 된다.

자세한 설명을 보려면 기준 파형 선택에 관한 자세한 설명은 3-168 쪽 “파형 저장 및 호출”을 참고한다.

연산 파형 선택 (과 만들기)에 관한 자세한 설명은 3-206 쪽 “파형 연산”을 참고한다.

파형 스케일링 및 포지셔닝

TDS 오실로스코프는 화면에서 파형의 배율 (수직 또는 수평 크기를 변경) 위치를 (위, 아래, 좌,우로 이동)를 조정하여 디스플레이를 최적화한다 (그림 3-5 에는 수직과 수평 스케일링 및 포지셔닝의 결과가 나와 있다). 이 단원에서는 우선 수직과 수평 배율, 위치, 그리고 수직 대역폭이나 수평 레코드 길이와 같은 매개 변수를 신속하게 점검하고 설정하는 방법을 설명한다.

포지션 점검 방법

Channel Reference 와 *Record View, Acquisition View* 아이콘을 확인하여 표시된 파형의 위치를 신속하게 파악할 수 있다 (그림 3-5, 3-9, 3-10 참고).

화면 왼쪽에 있는 *Channel Reference* 아이콘은 오프셋이 0V로 설정되었을 때 파형 레코드의 그라운드를 가리킨다. 수직 배율을 바꾸면 오실로스코프는 이 포인트를 중심으로 선택한 파형을 축소하거나 확대한다.

화면 맨 위에 있는 *Record View*는 트리거가 어디에서 발생하고 파형의 어느 부분이 표시되는지 나타낸다.

확장 획득 모드 (옵션 2M 만 적용)에서, 활성 채널이 표시될 때 화면 위의 *Acquisition View*는 확장된 획득에서 트리거와 파형이 발생하는 부분을 표시한다.

수직 배율을 확인하는 방법

화면 아래 왼쪽의 *Vertical Readout*를 확인하면 표시된 각 채널의 volts/division 설정을 알 수 있다 (그림 3-6 참고).

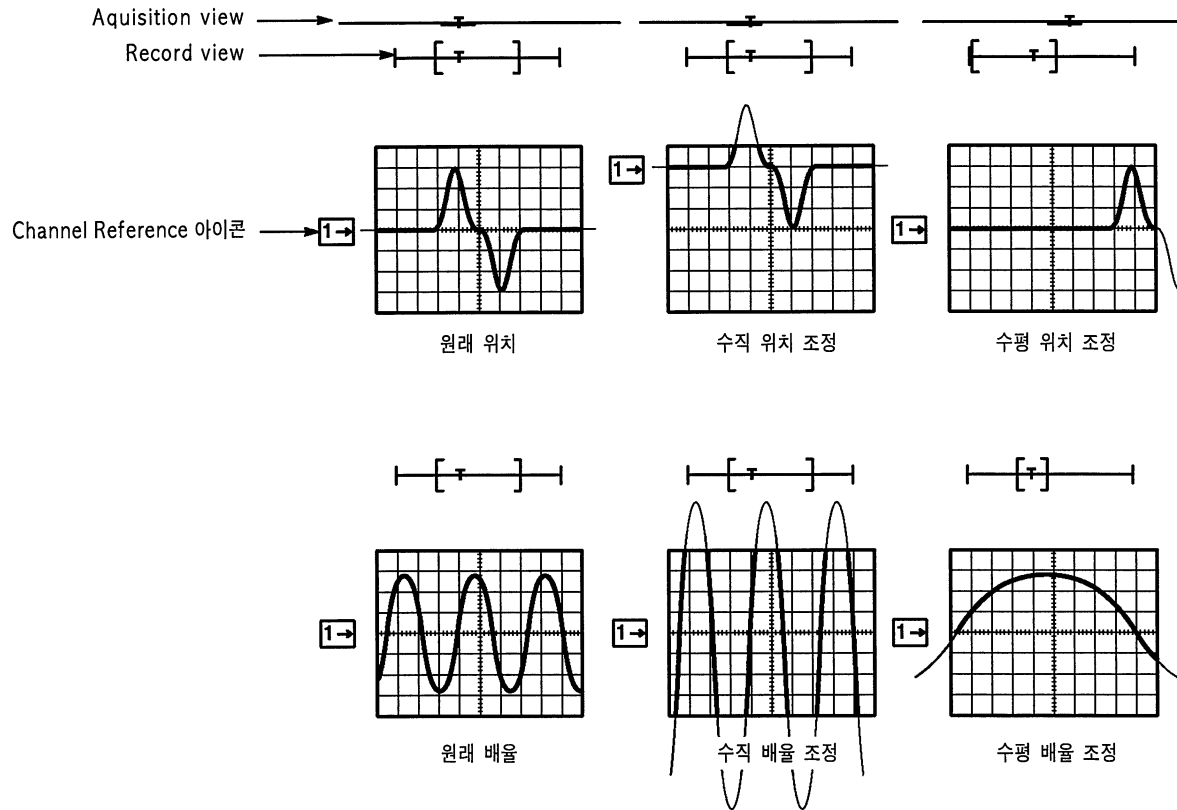


그림 3-5 스케일링과 포지셔닝

수직 배율과 위치를 바꾸는 방법

TDS 오실로스코프는 지정 노브를 사용하여 수직 배율과 위치를 신속하게 바꿀 수 있다. 수직 배율과 위치를 바꾸려면,

1. 수직 **SCALE** 노브를 돌린다. 이 때, 선택한 파형의 배율만 바뀐다는 점에 유의한다.

수직 **SCALE** 노브를 시계 방향으로 돌리면 수치가 감소되면서 해상도는 높아진다. 그 이유는 파형의 작은 부분만 보기 때문이다. 시계 반대 방향으로 돌리면 수치가 증가하면서 파형의 전체 모양을 볼 수 있지만 해상도는 낮아진다.

2. 수직 **POSITION** 노브를 돌린다. 선택한 파형의 위치만 바뀐다.

3. 위치 조정을 빠르게 하려면, **SHIFT** 단추를 누른다. **SHIFT** 단추 표시등이 켜지고 화면 오른쪽에 **Coarse Knob** 라는 글자가 나타나면 **POSITION** 노브로 더 빨리 위치를 조정할 수 있다.

POSITION 노브는 선택한 파형의 기준점에 화면의 눈금을 추가한다. 눈금을 추가하면 파형은 위로 이동하고 눈금을 빼면 파형이 아래로 이동한다. 파형 위치는 **Vertical** 메뉴에서 오프셋 옵션으로 조절할 수도 있다(이 단원 뒷 부분에서 설명).

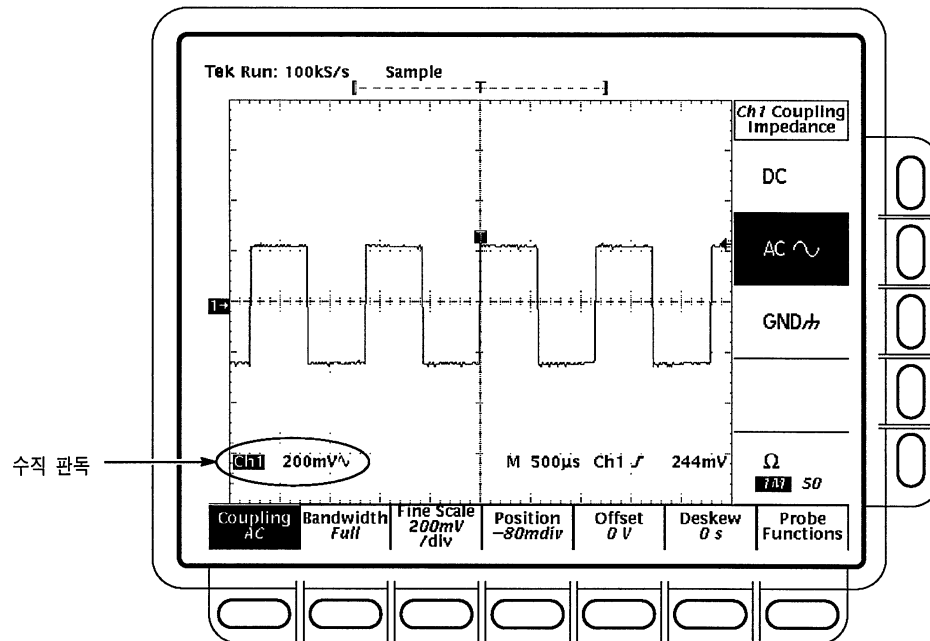


그림 3-6 수직 판독과 Channel 메뉴

수직 배율을 바꾸면 파형의 특정 부분에만 초점을 맞출 수 있다. 수직 위치를 조절하여 파형 화면을 위 아래로 이동할 수 있다. 수직 위치 조절은 두 개 이상의 파형을 비교할 때 특히 유용하다.

수직 매개 변수를 바꾸는 방법

선택한 파형의 커플링, 대역폭, 그리고 오프셋을 선택하려면 Vertical 메뉴 (그림 3-6)를 사용한다. Vertical 메뉴에서는 또한 수직 노브를 사용하지 않고도 위치나 배율의 수치를 바꿀 수 있다. 숫자를 바꾸려면 다음 순서대로 한다.

주 TDS 794D 오실로스코프가 AC 커플링, 10M(입력 임피던스 및 대역폭을 선택하기 위해서는 P6339 프로브가 메뉴에 나타나야 한다.

커플링 선택한 채널의 수직 감쇠기에 입력 신호를 연결하는 커플링의 종류를 선택하고 입력 임피던스를 설정하는 방법은,

VERTICAL MENU → Coupling(main) → DC, AC, GND, 또는 Ω (side)를 누른다.

DC

- DC 커플링은 입력 신호의 AC 와 DC 요소를 모두 보여준다.

AC 

- AC 커플링은 입력 신호의 교류 요소들만을 보여준다.

GND 

- 접지 (GND) 커플링은 수신 신호를 획득으로부터 단절시킨다.

Ω

- 입력 임피던스는 1M Ω 이나 50 Ω 임피던스 중 하나를 선택한다.

주 50 Ω 임피던스를 AC 커플링과 함께 선택하면 200KHz 이하의 주파수는 화면에 정확하게 나타나지 않는다.

또한, 액티브 프로브(예를 들어 P6245)를 오실로스코프에 연결하면 오실로스코프의 입력 임피던스는 자동으로 50 Ω 이 된다. 그런 다음 패시브 프로브(예를 들어 P6139A)를 연결하면 입력 임피던스를 다시 1M Ω 으로 설정해야 한다.

50 Ω 임피던스를 선택하면 최대 volts/div 설정이 10V에서 1V로 낮아진다. 3-8 쪽의 “입력 임피던스 유의사항”을 참고한다.

대역폭 대역폭이란 오실로스코프가 정확하게 (3dB attenuation 미만으로) 획득하고 나타낼 수 있는 주파수 범위를 의미한다. **250MHz** 또는 **20MHz**를 선택하여 고주파수 컴포넌트를 위한 상한을 정하면, a_w^B 기호가 화면 아래에 나타난다. 선택한 채널의 대역폭을 바꾸는 방법은,

VERTICAL MENU → Bandwidth (main) → Full, 250MHz 또는 20MHz (side)를 누른다.

정밀 스케일 수직 배율을 정밀하게 조절하려면 **VERTICAL MENU → Fine Scale(main)**을 누르고 범용 노브나 키패드를 사용한다.

포지션 수직 위치를 특정 눈금수만큼 이동시키려면 **VERTICAL MENU → Position (main)**을 누르고 범용 노브나 키패드를 사용하여 오프셋값을 설정한다. 선택한 파형의 기준점을 화면 중앙으로 재설정하려면 **Set to 0 divs(side)**를 누른다.

오프셋 파형을 검사하기 전에 오프셋을 사용하여 DC 바이어스를 뺀다. 예를 들어서, 전원 공급 출력에 (예를 들어, +5V 출력) 작은 리플 (예를 들어, 리플의 100mV)을 나타내려면 수직 배율을 충분히 민감하게 설정하고 오프셋을 조절하여 리플을 최상의 상태로 나타낼 수 있다.

오프셋을 조절하려면 **VERTICAL MENU → Offset (main)**을 누른 후 범용 노브나 키패드로 수직 오프셋을 설정한다. 오프셋을 제로로 재설정하려면 **Set to 0 divs(side)**를 누른다.

외부 감쇠 설정 (TDS 500D와 TDS 700D에만 적용)

프로브로 지정한 감쇠 외에 외부 감쇠 (또는 게인)를 설정한다.

외부 감쇠를 설정하려면 **VERTICAL MENU → Probe Functions (main) → External Attenuation in dB(side)**를 누른다.

External Attenuation- 범용 노브나 키패드로 외부 감쇠 승수를 설정한다.

External Attenuation in dB- 범용 노브나 키패드로 dB에서 외부 감쇠를 설정한다.

프로브 감쇠를 기본값으로 설정하려면 **VERTICAL MENU → Probe Functions (main) → Set to Unity External Attenuation(side)**를 누른다. 프로브를 부착하면 프로브 감쇠가 기본값으로 설정된다.

수평 상태를 점검하는 방법

*Record View*를 선택하여 파형 레코드의 크기와 위치 그리고 화면과 관련된 트리거의 위치를 알아본다(그림 3-7 참고).

화면 아래 오른쪽의 *Time Base readout*를 확인하면 time/division 설정과 참고된 시간축(주 또는 지연)을 알 수 있다(그림 3-7 과 3-16 쪽의 그림 3-5 를 참고). 활성화된 모든 파형은 같은 시간축을 사용하므로 오실로스코프에는 모든 액티브 채널에 오직 한 개의 시간축과 time/division 설정만이 나타난다.

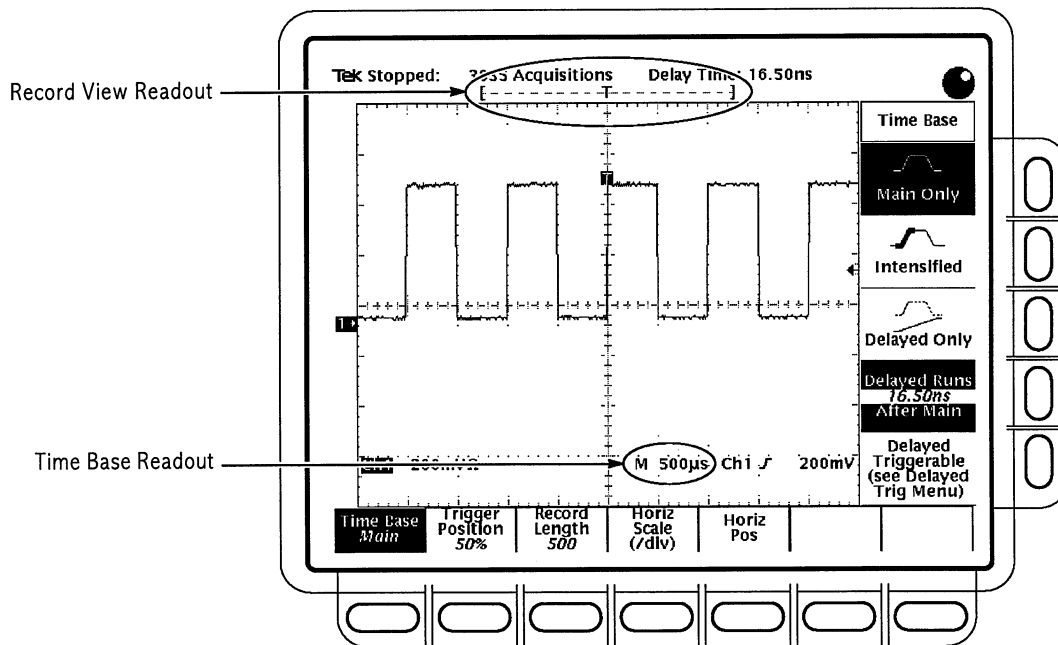


그림 3-7 Record View 와 Time Base 판독

수평 배율과 위치를 바꾸는 방법

TDS 오실로스코프에서는 수평 프론트 패널 노브 중의 하나를 사용하여 수평 위치와 배율을 조절할 수 있다.

수평 위치를 변경하면, 파형을 오른쪽이나 왼쪽으로 이동시켜 파형의 다른 부분들을 볼 수 있다. 큰 레코드 크기를 사용하거나 화면에서 전체 파형을 볼 수 없을 경우에 특히 도움이 된다.

수평 배율과 위치를 변경하는 방법은,

1. 수평 **POSITION** 과 수평 **SCALE** 노브를 돌린다 (그림 3-8 참고).
2. **POSITION** 노브를 더 빨리 돌리려면, **SHIFT** 단추를 누른다. **SHIFT** 단추 표시등이 켜지고 화면 위 오른쪽 코너에 **Coarse Knobs**라는 글자가 나타나면 **POSITION** 노브로 파형 위치를 더 빨리 조정할 수 있다.

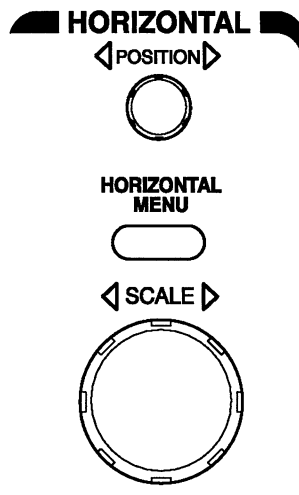


그림 3-8 수평 조절

채널을 선택하면 수평 **SCALE** 노브로 표시된 채널 파형을 동시에 모두 스케일한다. 연산 파형이나 기준 파형을 선택하면 노브는 선택한 파형만 스케일한다.

채널을 선택할 때, Zoom 메뉴에서 Horizontal Lock이 Lock으로 설정되면 수평 **POSITION** 노브는 표시된 모든 채널, 기준 및 연산 파형의 위치를 동시에 조정한다. 3-54 쪽 “파형 줌”을 참고한다.

수평 매개 변수를 변경하는 방법

파형 레코드 길이와 트리거 위치를 선택하려면 Horizontal 메뉴를 이용한다. 또한 이 메뉴를 사용하면 수평 노브를 사용하지 않아도 수평 위치나 배율을 바꿀 수 있다. 지연 시간 축(3-117 쪽 “지연 트리거링” 참고)을 선택하거나 표시할 파형의 프레임을 선택한다(3-67 쪽 “FastFrame 사용” 참고).

트리거 위치 트리거 포인트는 파형 레코드 안에서 0시간을 나타낸다. 트리거 이벤트 전의 모든 레코드 포인트는 파형 레코드의 트리거 이전 부분을 차지한다. 트리거 이벤트 후의 모든 레코드 포인트는 트리거 이후 부분의 일부이다. 파형 레코드의 모든 시간 측정은 트리거 이벤트에 비교하여 이루어진다. 트리거 포인트 위치를 정의하는 방법은,

HORIZONTAL MENU→Trigger Position(main)→Set to 10%, Set to 50%, 또는 Set to 90%(side)를 누르거나 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 수치를 바꾼다.

레코드 길이 파형 레코드를 구성하는 포인트의 숫자는 레코드 길이에 따라 정해진다. 파형 레코드 길이를 설정하는 방법은,

1. **HORIZONTAL MENU→Record Length(main)**를 누른다. 원하는 레코드 길이를 사이드 메뉴에서 선택한다. **-more-**를 눌러서 추가 선택 사항을 본다.

TDS 600B 오실로스코프의 표준 레코드 길이는 최대 15,000 포인트이다.

TDS 500D 오실로스코프의 표준 레코드 길이는 최대 50,000 포인트이다.

TDS 700D 오실로스코프의 표준 레코드 길이는 최대 500,000 포인트이다.

옵션 1M 및 옵션 2M를 사용할 때, TDS 500D와 TDS 700D 오실로스코프의 레코드 및 획득 길이는 모델과 옵션에 따라 최대 8,000,000 포인트이다 (자세한 정보는 A-1 페이지에서 시작하는 표 A-1 참조). 옵션 2M은 원본 구입 시에만 사용할 수 있다. TDS 600B 모델에서는 어느 옵션도 사용할 수 없다.

주 TDS 500D와 TDS 700D 모델: Hi Res 획득 모드에서는 다른 획득 모드들보다 두배의 획득 메모리가 필요하다. 따라서 최대 레코드 길이는 Hi Res를 켜면 레코드 길이 설정이 바뀌므로 오실로스코프의 메모리 부족 현상을 막을 수 있다.

2. 획득된 파형 (또는 Extended Acquisition On. 상태에서의 획득)이 레코드 길이에 관계없이 화면에 다 나타나도록 하려면 **HORIZONTAL MENU → Record Length (main)**을 누른다. 그 다음 사이드 메뉴에서 **Fit to Screen**을 **ON**으로 바꾸면 파형이 자동으로 맞추어진다. 이 기능은 Zoom 모드를 **ON**으로 하고 파형이 화면에 맞을 때까지 time/division을 수동으로 바꿀 때와 거의 같은 결과를 얻는다. 이 기능을 해제하려면, **Fit to Screen**을 **OFF**로 전환한다.

수평 배율 수평 **SCALE** 노브를 사용하지 않고 수평 배율 (눈금 당 시간)을 바꾸려면, **HORIZONTAL MENU → Horiz Scale (main) → Main Scale** 또는 **Delayed Scale(side)**를 누른다. 키패드나 범용 노브를 사용하여 배율 수치를 바꾼다.

수평 위치 Horizontal **POSITION** 노브를 사용하지 않고 메뉴에서 수치로 수평 위치를 설정하는 방법은,

HORIZONTAL MENU → Horiz Pos (main) → Set to 10%, Set to 50%, 또는 Set to 90%(side)를 눌러서 디스플레이 중앙 왼쪽에 표시할 파형 구역을 정한다.

수평 위치 설정을 바꿀 때 표시된 파형에만 영향을 줄 것인지, 활성 파형에만 영향을 줄 것인지 아니면 선택한 파형에만 영향을 줄 것인지 조절할 수 있다. 3-54쪽 “파형 줌”을 참고하여 수평 록 기능을 설정하는 방법을 배운다.

지연 시간축을 선택하는 방법

Delayed Runs After Main 또는 Delayed Triggerable을 선택할 수 있다. 대부분은 주 시간축을 사용한다. 지연 시간축은 다른 이벤트 후에 일어나는 이벤트를 획득하고 나타낼 수 있도록 획득을 지연시킬 때 사용한다. “자세한 설명을 보려면” 을 참고한다.

확장 획득 길이 (Option 2M에만 적용)

확장 획득 모드를 사용하여 확장 획득 레코드를 획득할 수 있다. 데이터를 획득한 다음 데이터의 원하는 부분을 옮기거나 나타낼 수 있다(그림 3-9).

주 적절하게 작동하기 위해 *Extended acquisition* 모드에서는 일부 오실로스코프 모드와 설정을 새 값으로 설정한다. 또한 측정, 게이팅, 커서 등이 현재 파형 레코드에만 제한된다.

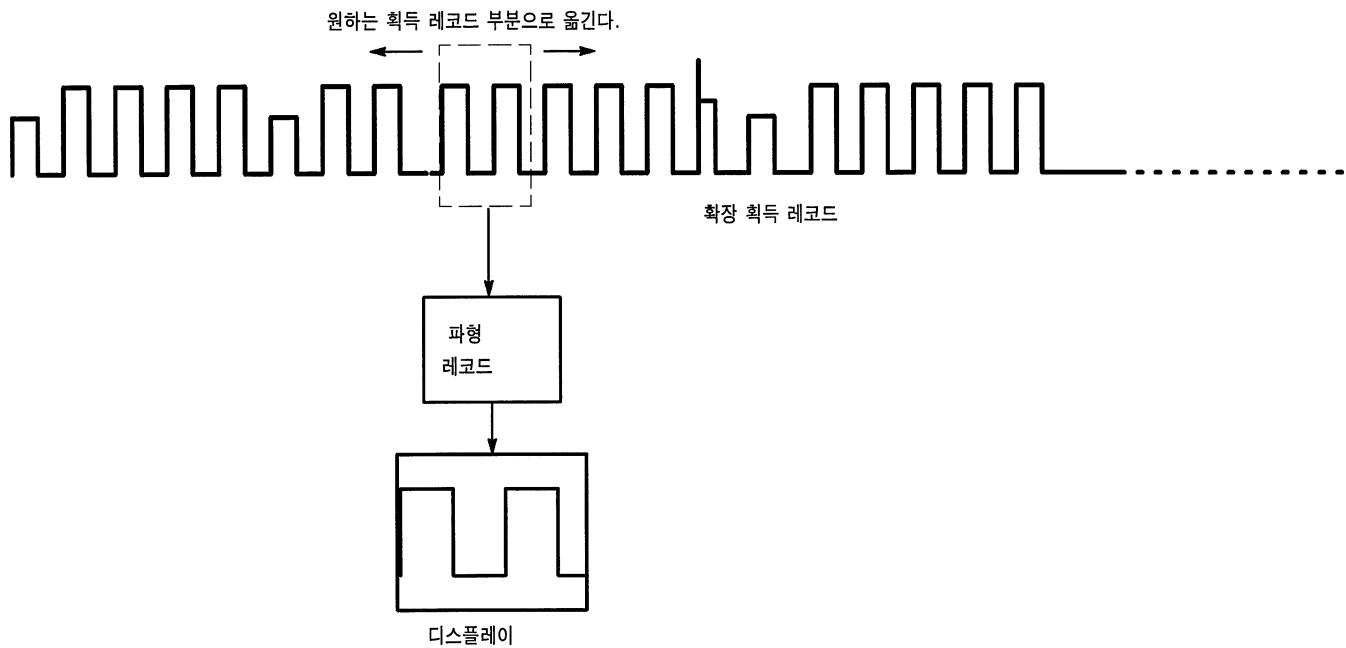


그림 3-9 확장 획득 레코드 길이 화면

Extended acquisition 모드는 단일 획득 순서 모드로 획득한 데이터를 검사할 수 있다. Extended acquisition 모드를 설정하려면,

HORIZONTAL MENU → Extd Acq Setup (main) → Extended Acquisition (side)를 눌러 확장 획득 모드를 On 으로 전환한다 (그림 3-10 참고).

새 데이터 레코드를 획득하려면 **Run/Stop**을 누른다.

획득 길이, 파형 레코드, 획득 기간, 레코드 시작 위치를 알려면 사이드 메뉴를 본다.

- Acq Len은 획득 레코드 길이를 나타낸다. 사용하는 오실로스코프 모델과 채널 번호에 따라 길이가 달라진다.
- Wfm Len은 파형 레코드의 길이를 나타낸다. Horizontal 메뉴에서 Record Length나 Extended Acquisition 모드에 대한 설정에 따라 길이가 달라진다.
- Acq Duration 은 획득 데이터의 시간을 나타낸다.
- Waveform Record Start는 선택된 채널이나 록된 활성 채널의 파형 레코드 이전의 획득 데이터의 백분율을 나타내고 선택한다.
- Fit to Screen 은 Record Length 메뉴에서 Fit to Screen 의 함수를 복제한다.

획득 데이터에서 파형 레코드의 시작 위치를 설정하려면 **HORIZONTAL MENU → Extd Acq Setup (main) → Waveform Record Start (side)**를 누른다. 범용 노브나 키패드로 백분율을 설정한다.

획득 데이터를 모두 보려면 Horizontal Position을 사용하여 획득 레코드에서 파형 레코드를 골라낸다. 또는 Zoom이나 Fit to Screen을 사용하여 획득 레코드를 파형 레코드로 압축한다.

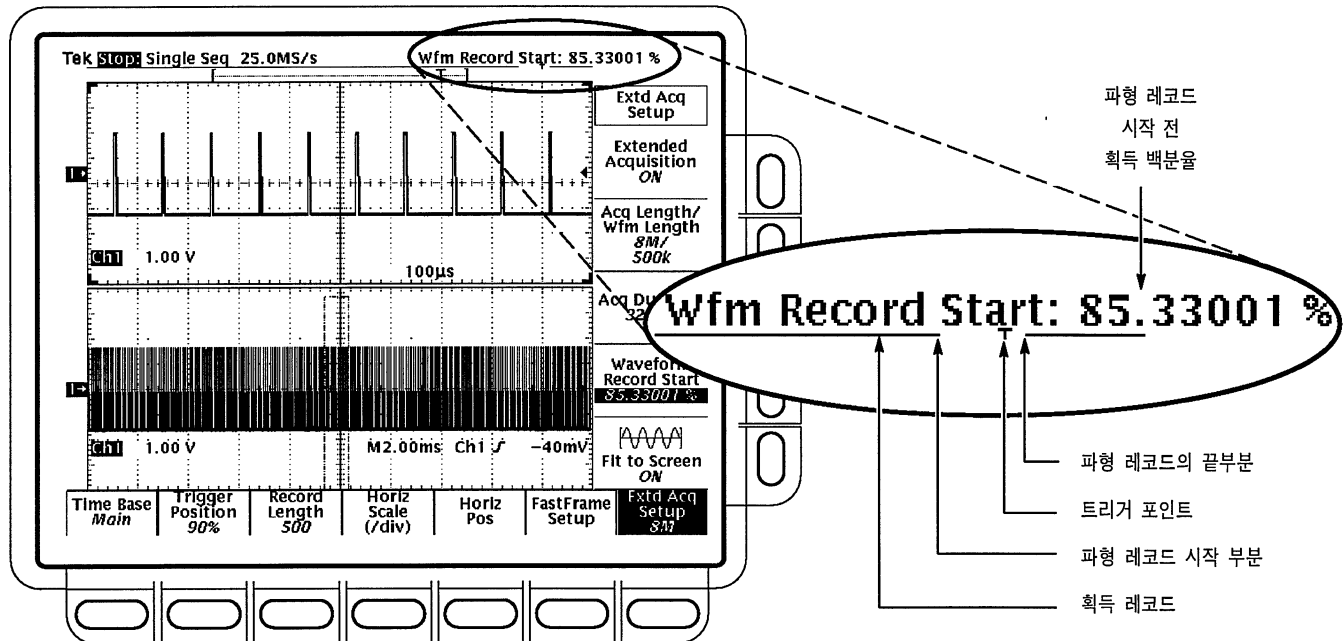


그림 3-10 확장 획득 길이와 줌

자세한 설명을 보려면

파형의 선택, 스케일링, 포지셔닝 방법을 설명하는 화면 지침서에서 다음을 참고한다. 2-13쪽 Example 1: “파형 디스플레이”와 2-17쪽 Example 2: “다중 파형 디스플레이”를 참고한다.

파형의 지연 사용 방법은 3-117쪽 “지연 트리거링”을 참고한다. 파형 확대 방법은 3-53 쪽 “파형 줌”을 참고한다.

획득 모드 선택

TDS 오실로스코프는 입력 신호를 획득하여 여러 모드로 나타내는 디지털 제품이다. 특정 신호 측정 작업에 가장 적합한 모드를 선택하는데 도움이 되도록 이 단원에서는 먼저 다음 사항을 설명한다.

- 오실로스코프가 입력 신호를 샘플링하고 디지털화하는 방법
- 각기 다른 획득 모드들(예를 들어 보간 모드)이 이 과정에 미치는 영향
- 모드 선택 방법

그 다음 3-35 쪽 “획득 판독 확인”에서 샘플링과 획득 모드 선택 절차에 대해 설명한다.

샘플링과 디지털화

획득은 아날로그 입력 신호를 샘플링하고 디지털화하여 디지털 데이터로 전환하고 파형 레코드로 모으는 과정이다(그림 3-11 참고). 오실로스코프는 신호의 전압 수준을 일정 시간 간격으로 샘플링하여 입력 신호를 디지털 형식으로 나타낸다. 샘플링되고 디지털화된 점들은 시간 정보와 함께 메모리에 저장된다. 디지털화된 신호는 화면에 나타내거나 측정할 수 있고 그 외 필요한 처리도 할 수 있다.

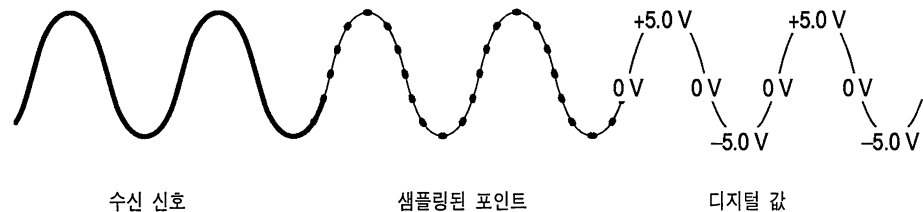


그림 3-11 획득:아날로그 신호 입력,샘플링 및 디지털화

오실로스코프는 수집한 샘플들을 사용하여 사용자가 지정한 데이터 번호나 레코드 포인트를 가지는 파형 레코드를 만든다(그림 3-13 참고). 각 레코드 포인트는 트리거 이벤트가 일어난지 일정 시간이 지난 후 발생하는 전압 수준을 나타낸다.

오실로스코프는 파형 레코드 안의 포인트 수보다 더 많은 샘플들을 추출한다. 실제로 오실로스코프는 각 레코드 포인트당 서너 개 샘플들을 추출한다(그림 3-12 참고). 디지털이저는 여분의 샘플을 사용하여 에버리징이나 최소 및 최대값 검색과 같은 처리를 추가로 수행할 수 있다. 선택한 샘플링 방법과 획득 모드에 따라 오실로스코프에서 획득한 샘플 포인트를 파형 레코드로 어떻게 결합할 것인지 결정한다.

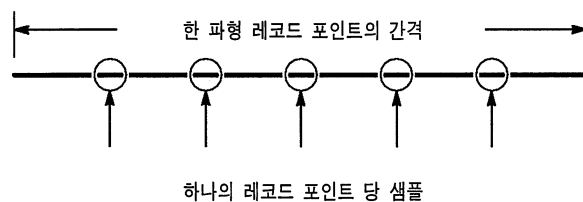


그림 3-12 사용한 각 포인트 당 서너개 포인트를 획득할 수 있다.

실시간 샘플링

일반적으로 샘플링을 하는 두가지 방법으로 실시간과 등가 시간 방법이 있다. TDS 600B 오실로스코프는 실시간 샘플링만 사용하고, TDS 500D와 TDS 700D 오실로스코프는 실시간과 등가 시간을 모두 사용한다.

실시간 샘플링에서, 오실로스코프는 한번의 트리거 이벤트 후에 획득하는 모든 포인트들을 디지털이징한다(그림 3-13 참고). 싱글샷이나 일시적 이벤트를 포착할 때는 항상 실시간 샘플링 방법을 사용한다.

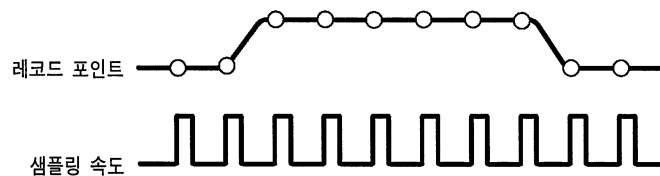


그림 3-13 실시간 샘플링

등가 시간 샘플링

TDS 500D 또는 TDS 700D 오실로스코프(TDS 600B는 실시간 샘플링만 사용)는 등가 시간 샘플링을 사용하여 실시간 최대 샘플링 속도보다 더 빠른데 이는 다음 두가지 조건에서만 가능하다.

- Acquisition 메뉴에서 등가 시간을 On 으로 한다.
- 실시간 샘플링으로는 파형 레코드를 만드는 데 충분한 샘플을 얻을 수 없을 만큼 빠른 샘플링 속도로 오실로스코프를 설정해야 한다.

위 두 가지 조건이 충족되면, 오실로스코프는 각 트리거 당 서너개의 샘플을 추출하여 파형 레코드를 구성한다. 다시 말하면, 오실로스코프는 반복 파형을 여러 개 포착하여 파형 레코드에 요구되는 샘플 밀도를 얻는다(그림 3-14 참고). 이렇게 함으로써 오실로스코프는 최대 실시간 대역폭이 허용하는 주파수보다 훨씬 더 높은 주파수의 신호를 정확하게 획득할 수 있다. 등가 시간 샘플링은 반복 신호에서만 사용해야 한다.

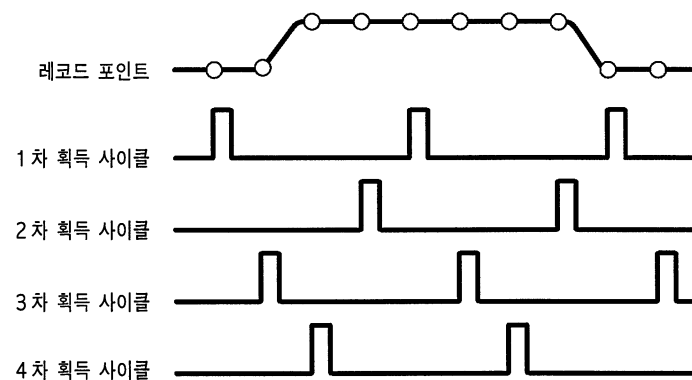


그림 3-14 등가 시간 샘플링

오실로스코프가 사용하는 등가 시간 샘플링은 무작위 등가 시간 샘플링(random equivalent-time sampling)이다. 이때 비록 시간상으로는 순차적으로 샘플링을 하지만, 트리거 측면에서는 무작위로 샘플링을 한다. 무작위 샘플링이 발생하는 이유는 오실로스코프 샘플 클럭은 입력 신호와 신호 트리거에 대해서 비동기로 작동하기 때문이다. 오실로스코프는 트리거 위치와 관계없이 독립적으로 샘플을 추출하고 샘플과 트리거 사이의 시간 차이를 근거로 이를 표시한다.

보간 (Interpolation)

TDS 오실로스코프는 획득한 샘플들 사이에서 보간 동작을 할 수 있다. 등가 시간 샘플링과 같이 파형 레코드를 채우는데 필요한 실제 샘플들을 다 얻지 못했을 때에만 보간이 이루어진다. 예를 들어서 수평 SCALE 을 점차적으로 빠른 획득 속도에 설정해 놓으면 파형 레코드의 시간 주기가 점점 짧아진다. 따라서 오실로스코프는 레코드를 채우는데 필요한 샘플들(레코드 포인트)을 획득하기 위해 샘플링을 더 빨리 해야 한다. 결과적으로 배열 설정에 의해 설정된 시간은 레코드를 채우는데 필요한 실제 샘플들을 모두 추출하기에는 부족하다.

수평 SCALE 노브를 10ns(TDS 600B)보다 더 빠른 시간축에 설정하면 나타난다(이 설정은 TDS 500D 와 TDS 700D 모델들의 채널 수에 따라서 설정이 다르다. 3-37 쪽 표 3-4를 참고한다). 오실로스코프는 보간 동작을 하여 파형 레코드 안에 방해 포인트들을 만든다. 보간 동작에는 두 가지가 있다. *linear*(직선형) 또는 *sin(x)/x* 이다(TDS 500D와 TDS 700D 모델은 또한 등가 시간 샘플링을 하여 더 많은 샘플을 추출한다. 3-29 쪽 “등가 시간 샘플링”을 참고).

직선형 보간은 직선을 사용하여 실제 획득된 샘플들 사이의 레코드 포인트들을 계산한다. 이 기능은 보간된 모든 포인트들이 직선 상에서 적절한 위치에서 형성된다고 가정한다. 직선 보간은 펄스 트레인을 비롯한 많은 파형에서 유용하다.

Sin(x)/x 보간은 획득한 실제 수치들 사이에 곡선을 사용하여 레코드 포인트들을 계산한다. 이 기능은 모든 보간된 포인트들은 곡선을 따라서 형성된다고 가정하여 작동하고 사인파와 둥근 파형을 획득할 때 유용하다. 실제로 일반적인 사용에 적합하긴 하지만 상승 시간이 빠른 신호에서는 오버슈트나 언더슈트를 일으킬 수 있다.

주 어떤 유형의 보간을 사용하든, 실제 샘플들이 보간된 샘플들보다 상대적으로 강조되어 나타나도록 디스플레이 형식을 설정하는 것이 좋다. 3-41 쪽의 “디스플레이 형식 설정”에서는 강조된 샘플들을 어떻게 커는가를 설명한다.

인터리빙 (Interleaving)

TDS 500D 나 TDS 700D 오실로스코프는 채널들을 인터리브하여 등가 시간 샘플링이나 보간 없이 더 높은 디지털이징 속도를 얻을 수 있다. 오실로스코프는 사용 안된 채널(꺼져 있는 채널)들의 디지털이징 자원을 활용하여 사용 중인 채널(켜져 있는 채널)을 샘플링한다. 표 3-2에는 2개 이상의 디지털이저를 인터리브하여 채널을 샘플링할 때 디지털이징 속도를 얻을 수 있는 방법이 목록으로 나와 있다.

사용하고 있는 채널 수의 최대 디지털이징 속도를 초과하도록 수평 배율을 설정하면 (표 3-2) 오실로스코프는 파형 레코드를 만드는데 필요한 샘플들을 충분히 추출할 수 없게 된다. 이 때 오실로스코프가 보간하여 추가 샘플들을 계산하거나 아니면 실시간에서 등가 시간 샘플링으로 바뀌어서 샘플을 추가로 얻는다(3-30 쪽 “보간”과 3-29 쪽 “등가 시간 샘플링”을 참고한다).

표 3-2 인터리빙과 샘플링 속도

켜진 채널 수	최고 디지털이징 속도 ¹			
	TDS 520D 및 TDS 724D	TDS 540D	TDS 754D	TDS 580D, TDS 784D 및 TDS 794D
1 개	1GS/sec	2GS/sec	2GS/sec	4GS/sec
2 개	500MS/sec	1GS/sec	2GS/sec	2GS/sec
3 개 또는 4 개	불가	500MS/sec	1GS/sec	1GS/sec

¹ 실시간 샘플링(GS=Gigasamples; MS=Megasamples).

획득 모드

이 설명서에 있는 모든 오실로스코프는 다음 4 개의 획득 모드를 지원한다. *Sample*, *Envelope*, *Average*, *Peak Detect*. TDS 500D와 TDS 700D 오실로스코프는 또한 *Hi Res* 도 지원한다. 다음 설명을 읽고 구입한 오실로스코프 모델에 어떤 모드를 사용할 것인지 결정한다.

Sample(가장 일반적인 모드), *Peak Detect*, 그리고 *Hi Res* 모드들은 싱글 트리거 이벤트에서 실시간으로 작동한다. 단, 오실로스코프가 각 트리거 이벤트에서 충분한 샘플을 획득한다고 가정할 때 *Envelope*과 *Average* 모드는 다중 획득에서 작동한다. 오실로스코프는 point-by-point 기준으로 서너개 파형을 애버리지하고 엔벨로프한다(TDS 500D와 TDS 700D 모델의 경우에만 적용. DPO 모드에 있을 때는 *Hi Res*, *Envelope*, *Average* 모드를 사용할 수 없다. 3-66 쪽의 “비호환 모드” 참고).

그림 3-15는 여러 모드들을 소개하고 각 모드의 장점을 설명한 것이다. 이 그림을 보면 각 모드가 어떤 사용에 적합한가를 이해할 수 있다. 그림을 참고하면서 각 모드에 대한 다음 설명을 읽는다.



Sample Mode Sample 모드에서는 각 획득 간격동안 획득한 샘플 중에서 첫번째 샘플을 저장하여 레코드 포인트를 만든다 (획득 간격은 파형 레코드의 시간을 레코드 길이로 나눈 수치다). Sample 모드는 기본 모드이다.



Envelope Mode Envelop 모드는 서너개 획득에서 극심한 편차를 보이는 파형 레코드를 획득하여 표시한다. 이 때 몇 개의 획득에서 데이터를 수집할 것인지를 지정해야 한다. 오실로스코프는 Peak Detect 모드처럼 두 개의 인접한 간격 안에서 최대 수치와 최소의 수치를 저장한다. 하지만 Envelop 모드는 Peak Detect 와 달리 많은 트리거 이벤트들 중에서 최고치만을 수집한다.

각 트리거 이벤트 후에 오실로스코프는 데이터를 획득한 다음 현재 획득된 것의 최저 / 최고 수치들과 이전에 획득 저장된 수치들을 비교한다. 최종 화면은 파형 레코드 안에서 각 포인트에 대한 모든 획득 샘플의 극대값을 나타낸다.



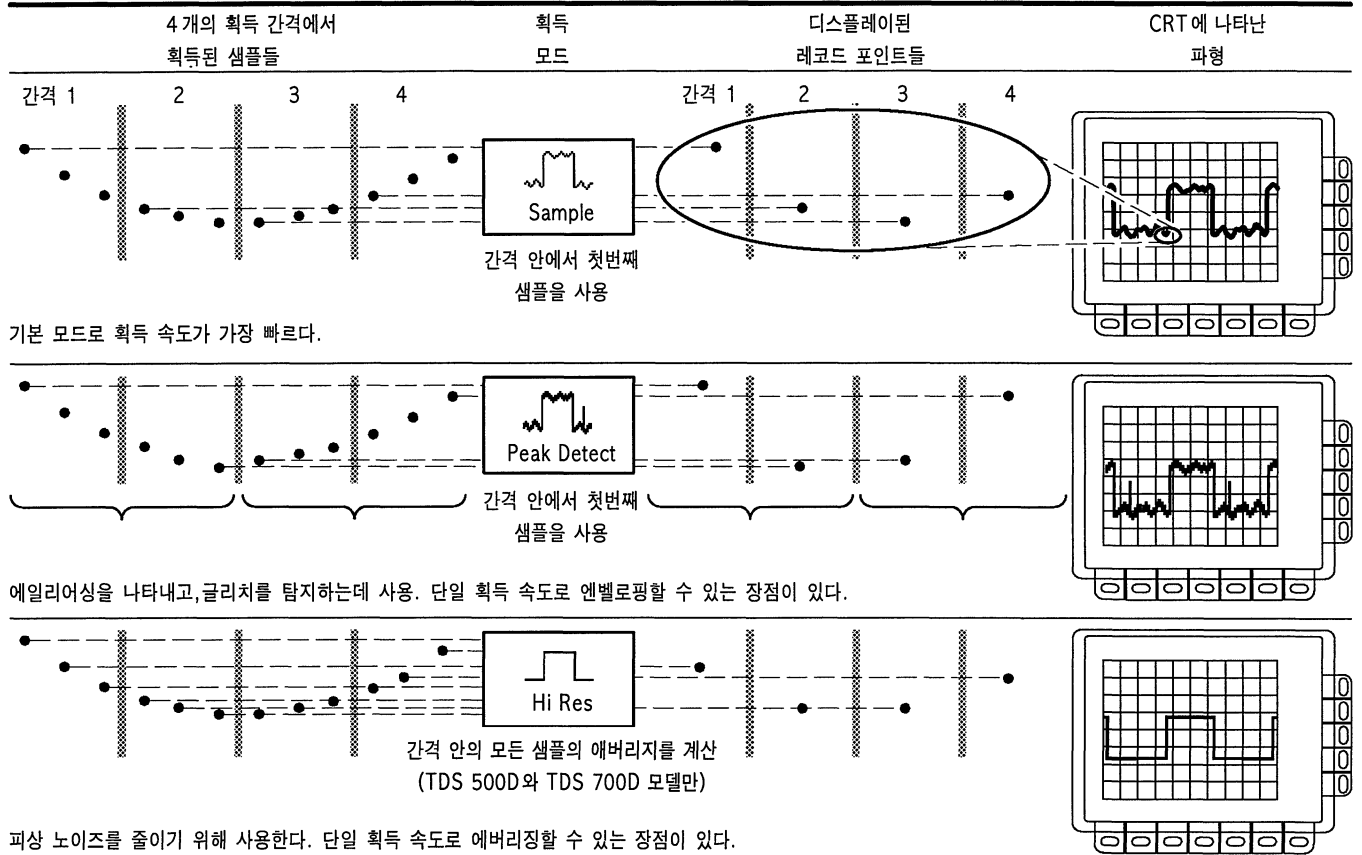
Average Mode Average 모드는 파형 레코드를 획득하고 몇 개 획득한 샘플의 평균화된 결과를 나타낸다. 이 모드는 random noise 를 줄인다. 오실로스코프는 Sample 모드를 사용하여 각 트리거 이벤트 후에 데이터를 획득한 다음, 이전 획득에서 저장된 데이터와 현재 획득한 레코드 포인트를 평균한다.



Peak Detect Mode Peak Detect 모드는 하나의 획득 간격에서 최고 샘플과 다음 획득 간격에서 최저 샘플을 교대로 저장한다. Peak Detect 모드는 실시간,보간되지 않은 샘플에서만 작용한다.

시간축을 너무 빠르게 설정하여 실시간 보간이나 등가 시간 샘플링을 해야 하면,메뉴 선택을 바꾸지 않아도 Peak Detect 에서 Sample 로 모드가 바뀐다.

단일 파형 획득



다중 파형 획득

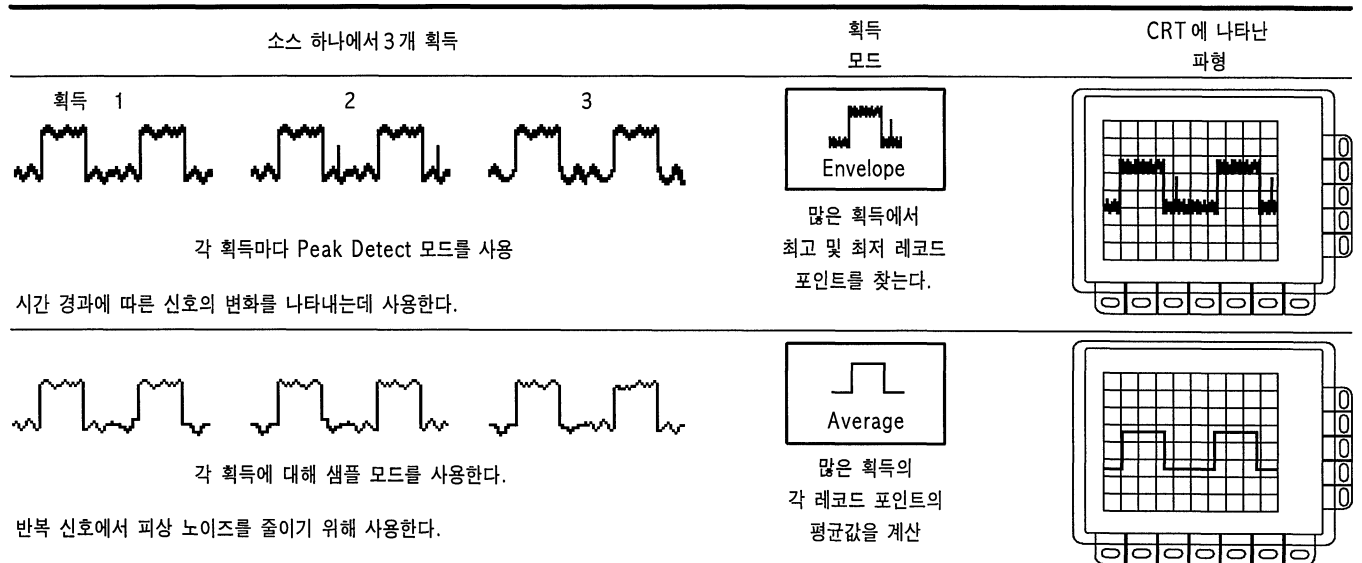


그림 3-15 획득 모드 작동 방식



Hi Res Mode TDS 500D와 700D 모델에만 적용: Hi Res 모드는 각 획득 간격 중에 샘플 추출한 모든 샘플들을 애버리지하여 레코드 포인트를 만든다. 그 결과 애버리지는 고 분해능, 저 대역폭 파형이 된다.

Hi Res의 주요 장점은 입력 신호에 관계없이 분해능을 높일 수 있다는 것이다. 표 3-3과 아래 방정식은 Hi Res Mode로 15 significant bit 까지의 분해능을 얻을 수 있는 방법을 설명하고 있다. 분해능은 속도가 100 ns/div 일 때만 분해능을 높일 수 있다 (또한, 내부 하드웨어와 연산 제한 때문에 분해능을 15 bits 이상으로 높일 수는 없다).

$$S_i = \text{Sampling Interval for TDS 754D} = 1 \text{ ns}$$

$$\Delta t = \text{Sample Interval} = \frac{\text{Time/Div}}{\text{Number Of Points/Div}} = \frac{5 \mu\text{s /Div}}{50 \text{ Points/Div}} = 100 \text{ ns}$$

$$N_d = \text{Number of points per decimation interval} = \frac{\Delta t}{S_i} = 100$$

$$\text{Resolution Enhancement(bits)} = 0.5 \times \text{LOG}_2(N_d) \approx 3 \text{ extra bits}$$

$$\text{Bits of Resolution} = \text{Resolution Enhancement}(3 \text{ bits}) + 8 \text{ bits} \approx 11 \text{ bits}$$

Hi Res 모드는 실시간, 보간되지 않은 샘플링에서만 작용한다. 시간축을 너무 빠르게 설정해서 실시간 보간 또는 등가 시간 샘플링을 해야 할 때는 메뉴 선택을 바꾸지 않아도 자동으로 Sample 모드가 된다.

표 3-3 추가 분해능

시간축 속도	분해능
100 ns 나 더 빠르게	8비트
200 ns에서 500 ns까지	9비트
1 μs 에서 2 μs 까지	10비트
5 μs 에서 10 μs 까지	11비트
20 μs 에서 50 μs 까지	12비트
100 μs 에서 200 μs 까지	13비트
500 μs	14비트
1 ms 나 더 느리게	15비트

획득 판독 확인

획득 샘플링 속도, 획득 상태(running or stopped) 그리고 획득 모드를 결정하려면, 화면 맨 위의 판독값을 확인한다(그림 3-16 참고). “Run”은 샘플 속도와 획득 모드를 나타낸다. “Stop”은 마지막 정지 또는 주요 변경이 있는 후에 포착된 획득 수를 나타낸다.

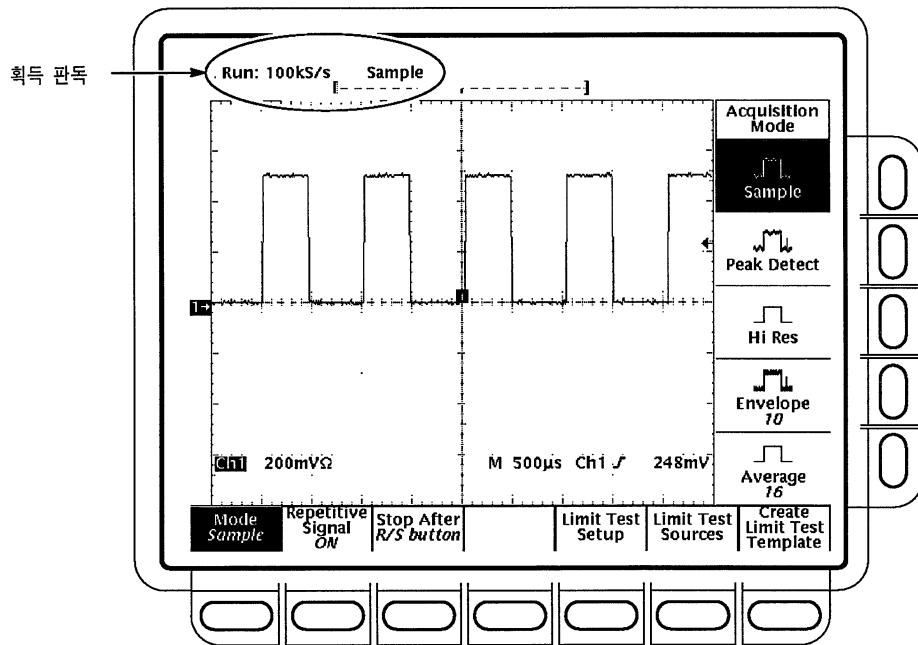


그림 3-16 Acquisition 메뉴와 판독

획득 모드 선택

오실로스코프에는 아날로그 데이터를 디지털 형식으로 획득하고 변환하기 위하여 몇 개의 모드가 있다(3-31 쪽의 “획득 모드”를 참고). 파형 레코드에서 포인트를 형성하는 방식을 선택하는 방법은,

1. **SHIFT ACQUIRE MENU → Mode(main)**을 누른다(그림 3-16 참고).
2. TDS 600B 모델: **Sample, Envelope, Average**, 또는 **Peak Detect(side)**...을 누른다.

TDS 500D와 TDS 700D 모델: **Sample, Peak Detect, Hi Res, Envelope**, 또는 **Average(side)**를 누른다(Hi Res, Envelope, 또는 Average 모드를 사용하려면 반드시 DPO를 해제해야 한다).

3. Envelope 또는 Average 를 선택하면 키패드나 범용 노브를 사용하여 엔벨로프 또는 에버리지할 파형 레코드의 숫자를 입력한다.

주 TDS 500D와 700D 모델에만 적용: Acquire 메뉴에서 Hi Res 모드를 선택하면 긴 레코드 길이 설정이 자동으로 감소되어 획득 메모리의 과잉을 예방할 수 있다. Hi Res 모드는 다른 획득 모드에 비해 두 배의 획득 메모리를 사용하기 때문에, Hi Res 모드로 긴 수평 레코드를 만들면 메모리 부족 현상이 일어난다.

반복적 샘플링 선택

TDS 500D와 TDS 700D 모델에만 적용: 오실로스코프를 실시간 샘플링만 하도록 제한하거나 실시간 또는 등가 시간 샘플링 중 하나를 선택하는 방법은,

SHIFT ACQUIRE MENU → Repetitive Signal (main) → ON 또는 **OFF(side)** 를 누른다.

- **ON(Enable ET)**은 필요에 따라 실시간 또는 등가 시간 샘플링을 사용한다(표 3-4 참고).
- **OFF(Real Time Only)**는 실시간 샘플링만 하도록 제한한다. 완전한 파형을 만드는 데 충분한 샘플들을 얻지 못하면 보간을 한다.

주 TDS 오실로스코프는 디스플레이 메뉴에 선택한 보간법(선형이나 $\sin(x)/x$)을 사용하여 없어진 레코드 포인트를 채운다. 보간법에 대한 설명은 3-30 쪽 “보간법”을 참고한다.

샘플링 속도와 채널 수에 따라 오실로스코프가 파형을 샘플링하는데 사용하는 모드가 달라진다.

- 시간축을 느리게 설정하면 오실로스코프는 언제든지 실시간 샘플링을 사용한다. 그리고 빠르게 설정하면 ET가 켜져 있는지 꺼져 있는지에 따라 항상 등가 시간 샘플링이나 보간을 사용한다.

- 오실로스코프는 켜져 있는 채널이나 샘플링하기 위해 꺼져 있는 채널의 디지털타이저를 사용하여 실시간 샘플링에서 등가 시간 샘플링으로 전환해야 하는 범위를 연장한다.

아래 표 3-4에는 모델별로 실시간 샘플링(RT)에서 등가 시간 샘플링(ETI)으로 전환해야 하는 시간축을 설정한 것이다.

표 3-4 TDS 500D, TDS 700D 샘플링 모드 선택(Fit to Screen 이 꺼져 있을 때)

모델	TDS 520D와 TDS 724D		TDS 754D와 540D		TDS 580D, TDS 784D 및 TDS 794D,		
Channels On ¹	1개	2개	1 또는 2개	3 또는 4개	1개	2개	3 개 또는 4개
시간축 ²							
>50 ns	RT ³	RT	RT	RT	RT	RT	RT
50 ns	RT	RT	RT	RT	RT	RT	RT
25 ns	RT	ETI ⁴	RT	ETI	RT	RT	ETI
12.5 ns	ETI	ETI	ETI	ETI	RT	ETI	ETI
<12.5 ns	ETI	ETI	ETI	ETI	ETI	ETI	ETI

¹ TDS 520D와 TDS 724D는 한 번에 2채널만 켜짐

² “>”는 “보다 느림”, “<”는 “보다 빠름”

³ “RT”는 “Real Time Sampling”의 약어

⁴ “ETI”는 “Equivalent-Time Sample or Interpolation”의 약어

Stop After

파형 획득을 중지시키는 이벤트를 선택하려면,

SHIFT ACQUIRE MENU → Stop After(main) → RUN/STOP button only, Single Acquisition Sequence 또는 **Limit Test Condition Met(side)**를 누른다(그림 3-17 참고). (TDS 500D와 TDS 700D 모델에만 적용: 단일 획득과 리미트 테스트는 DPO 모드에서는 무시된다. 3-66 쪽 “비호환 모드” 참고).

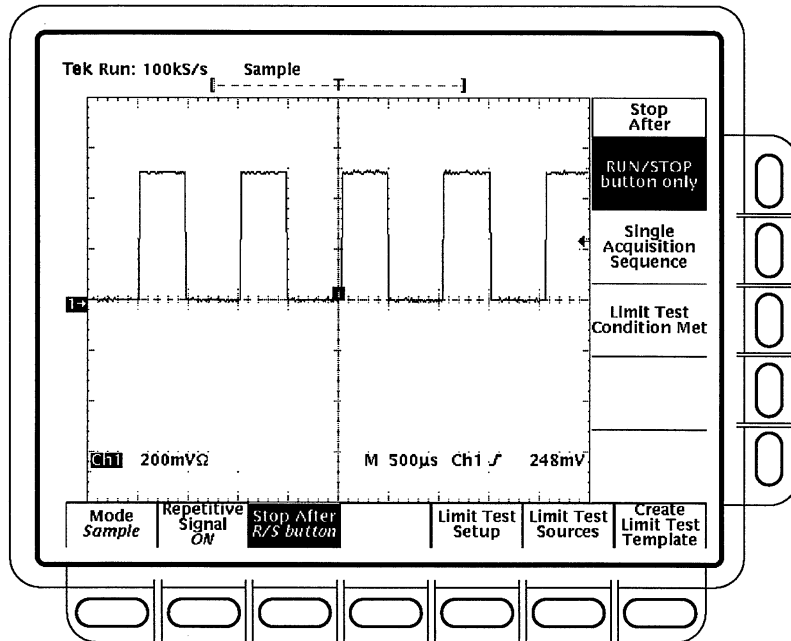


그림 3-17 Acquire 메뉴- Stop After

- **RUN/STOP button only(side)**를 누르면 **RUN/STOP** 단추를 사용하여 획득을 시작하거나 정지시킬 수 있다. RUN/STOP 단추를 한 번 누르면 획득이 정지된다. 화면에서 왼쪽 위 코너에 “Stop”이 나타나고 획득 수가 나온다. 단추를 또 한 번 누르면, 다시 획득이 시작된다.
- **Single Acquisition Sequence(side)**를 누르면 **RUN/STOP** 단추를 눌러 획득의 한 주기를 실행할 수 있다. Sample, Peak Detect 또는 Hi Res 모드에서, 오실로스코프는 첫 번째 타당한 트리거 이벤트에서 얻어지는 파형 레코드를 획득한 후 정지한다.(Hi Res는 TDS 500D와 TDS 700D에서만 제공된다).

Envelope 또는 Average 모드에서는 지정된 수만큼 파형을 획득하여 에버리징과 엔벨로핑 작업을 완료한다.

TDS 500D와 TDS 700D 모델에만 적용: 오실로스코프가 등가 시간 모드에 있을 때 **Single Acquisition Sequence(side)**를 누르면 트리거 이벤트를 계속 인식하고 파형 레코드가 채워질 때까지 샘플들을 획득한다.

주 *Acquire*와 *Stop After* 메뉴를 화면에 표시하지 않고 *Single Acquisition Sequence*를 빨리 선택하려면, **SHIFT FORCE TRIG**를 누른다. **RUN/STOP** 단추가 앞에서 설명한 대로 작동한다(그러나 *Single Acquisition Sequence*를 작동 상태로 두려면 *Acquire* 메뉴와 *Stop After* 메뉴를 화면에 표시해야 한다).

- 파형 데이터가 리미트 테스트에서 지정한 한계를 초과할 때까지 파형을 획득하려면 **Limit Test Condition Met(side)**를 누른다. 이 때 사용자는 *Limit Test Setup* 주 메뉴에서 사용할 수 있는 항목을 선택하여 오실로스코프가 다른 동작을 하도록 지정할 수도 있다.

주 오실로스코프에서 리미트 테스트 조건이 충족될 때 획득을 중단하도록 하려면 *Limit Test Setup* 주 메뉴에서 리미트 테스트를 작동시켜야 한다.

리미트 테스트를 설정하는 것은 좀 더 복잡하다. 3-201 쪽 “리미트 테스트”를 참고한다.

에일리어싱 금지

어떤 상황에서는 파형이 화면에 에일리어싱될 수도 있다. 에일리어싱에 대한 설명과 이를 방지하는 방법을 알아둔다.

에일리어싱 파형이 에일리어싱되면 입력된 실제 파형보다 주파수가 낮은 파형이 화면에 나타나거나 **TRIG'D** 옆에 있는 등이 켜져도 불안정하게 나타나게 된다. 에일리어싱은 오실로스코프에서 정확한 파형 레코드를 만드는 데 충분히 빠른 신호를 샘플링할 수 없기 때문에 일어나는 현상이다(그림 3-18).

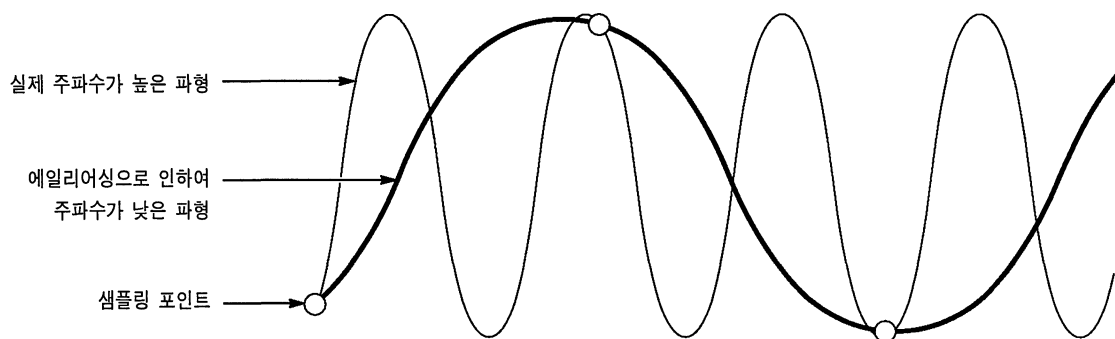


그림 3-18 에일리어싱

확인 및 삭제 방법 에일리어싱을 신속하게 확인하려면 수평 배율을 점차적으로 높인다 (눈금 당 시간 설정). 나타난 파형이 심하게 변하거나 시간축 설정을 빠르게 해서 파형이 안정되면 그 파형은 에일리어싱된 것이다.

에일리어싱을 피하려면 가장 높은 주파수 컴포넌트보다 2배 빠른 속도로 입력 신호를 샘플링해야 한다. 예를 들어, 주파수 컴포넌트가 500MHz인 신호를 에일리어싱되지 않고 정확하게 나타내려면 1 Gigasamples/second보다 더 빠른 속도에서 샘플링해야 한다. 신호에서 에일리어싱을 제거하는 방법은 다음과 같다.

- 수평 배율을 조정한다.
- **AUTOSET** 단추를 누른다.
- 획득 메뉴의 획득 모드를 **Envelope**나 **Peak Detect**로 전환한다. **Envelope**는 여러 번의 획득에서 최고값과 최저값을 가진 샘플을 검색한다. **Peak Detect** 모드는 단일 획득에서만 같은 작업을 한다. 두 모드 다 시간이 지날수록 더 빠른 신호 컴포넌트를 탐지한다.
- **DPO** 획득 단추를 누른다 (TDS 500D와 TDS 700D에만 적용). **DPO** 모드에서는 파형 획득 속도가 빠르기 때문에 아날로그 오실로스코프로 획득한 파형과 비슷하게 나타난다.

디스플레이 사용자 조정

TDS 오실로스코프는 파형 레코드와 여러 디스플레이 요소들을 여러 가지 방식으로 나타낸다. 이 단원에서는 디스플레이 스타일, 휘도 수준, 계수판, 포맷 조정 방법을 설명한다.

주 TDS 500D와 TDS 700D 모델에만 적용: 이 단원에는 일반 획득 모드를 사용할 때 각 모드에 맞는 디스플레이 설정을 설명한다. **DPO** 획득에서는 *Style, Format, Readout* 디스플레이 설정 절차가 다르고 선택할 수 없는 설정도 있다. 설정 방법의 차이에 대한 설명은 3-59 쪽 “**DPO** 획득 모드 사용”과 3-66 쪽 “비호환 모드”를 참고한다.

디스플레이 설정 변경

Display 메뉴를 보려면,

DISPLAY → Settings(main) → Display(pop-up) 를 순서대로 누른다.

Display 메뉴에서는 스타일, 휘도, 계수판, 포맷을 조정할 수 있다. **Color** 메뉴에서는 파형과 텍스트의 디스플레이 요소를 원하는 색으로 지정할 수 있다. 색 변경에 대한 설명은 3-47쪽 “디스플레이 색 사용자 설정”을 참고한다.

디스플레이 스타일 선택

TDS 600C에만 적용: **DISPLAY → Settings(main) → Display(pop-up) → Style(main) → Vectors, Dots, Intensified Samples, Infinite Persistence** 나 **Variable Persistence(side)** 를 순서대로 누른다 (그림 3-19 참고).

TDS 500D와 TDS 700D에만 적용: **DISPLAY → Settings(main) → Display(pop-up) → Mode(main) → Normal(pop-up) → Style(main) → Vectors, Dots, Intensified Samples, Infinite Persistence** 나 **Variable Persistence(side)** 를 순서대로 누른다.

Vectors 형식을 선택하면 레코드 포인트가 벡터 (선) 로 나타난다.

Dots 형식을 선택하면 파형 레코드 포인트가 점으로 나타난다.

Intensified Samples 형식에서도 파형 레코드 포인트가 점으로 나타나지만 실제로 샘플링된 포인트는 Display Colors 메뉴에서 “Zone”이라고 라벨이 붙어 있는 색으로 나타난다.

오실로스코프는 사이드 메뉴에서 *Intensified Sample* 을 선택하는 것 외에도 보간되거나 (TDS 500D와 TDS 700D 모델에서는 등가 시간이 해제되어 있다), Zoom에서 1X 이상 수평으로 확대되어야 한다. 3-30쪽 “보간”과 3-53쪽 “파형 줌”을 참고한다.

Variable Persistence 형식을 선택하면 화면의 레코드 포인트들이 누적되어 지정한 시간 간격으로 나타난다. 이 모드에서는 화면이 아날로그 오실로스코프처럼 나타난다. 사용자가 범용 노브나 키패드로 해당 옵션에서 시간을 지정할 수 있다. 레코드 포인트는 또한 포인트의 연속성에 따라 여러 색으로 나타난다. 3-48쪽 “팔레트 선택”을 참고한다.

Infinite Persistence 형식을 선택하면 사용자가 화면을 지울 때까지 레코드 포인트가 계속 누적된다.

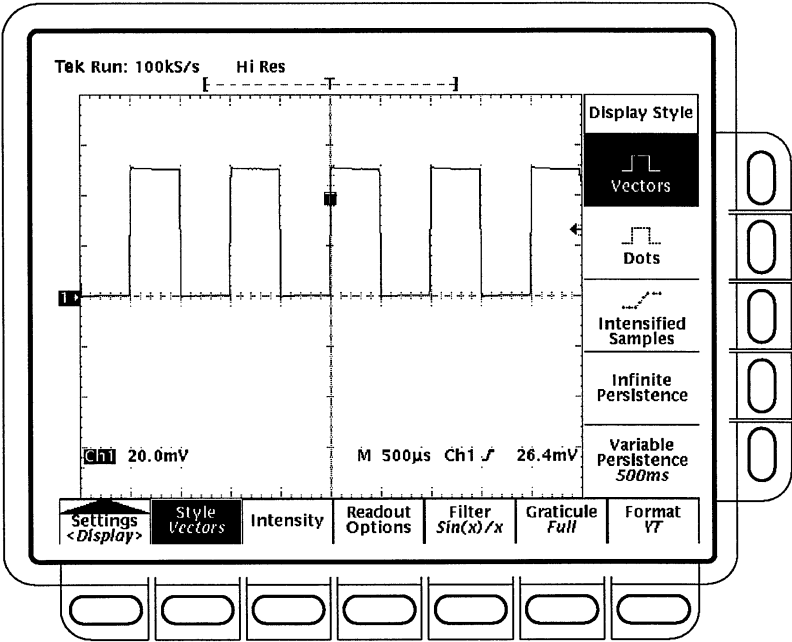


그림 3-19 Display 메뉴-스타일

주 TDS 500D와 TDS 700D모델에만 적용: DPO 모드에 대한 스타일 설정 방법을 보려면 3-59 쪽 “DPO 획득 모드”를 참고한다.

휘도 조정

Intensity 단추를 누르면 텍스트/그래픽과 파형 휘도(밝기) 수준을 조정할 수 있다. 휘도를 조절하려면,

DISPLAY → Settings(main) → Display(pop-up) → Intensity(main) → Text/Grat 이나 **Waveform(side)**를 순서대로 누른다. 키패드나 범용 노브로 원하는 휘도값을 직접 입력할 수 있다.

휘도는 20%(완전히 해제한 상태에 가까움)에서 100%(최대 밝기)의 범위에서 조정할 수 있다.

디스플레이 판독 옵션
설정

Readout 옵션에서는 트리거 표시,트리거 수준 막대,현재 데이터,시간을 화면에 표시할 것인지를 결정한다. 또한 어떤 모양의 트리거 수준 막대(긴 막대나 짧은 막대)를 사용할 것인지도 결정한다.

1. TDS 600B: **DISPLAY** → **Settings(main)** → **Display(pop-up)** → **Readout Option(main)** 을 누른다.

TDS 500D 와 TDS 700D 모델: **DISPLAY** → **Settings(main)** → **Display(pop-up)** → **Mode(main)** → **Normal(pop-up)** → **Format/RO(main)** 을 순서대로 누른다.

2. **Display 'T' @ Trigger Point(side)**에서 ON이나 OFF를 눌러 트리거 포인트를 가리키는 'T'를 표시할지 정한다(트리거 포인트는 파형 레코더에서 트리거의 위치를 표시한다).
3. **Trigger Bar Style(side)**를 눌러 긴 막대를 사용할 것인지 짧은 막대를 사용할 것인지, 아니면 막대를 나타내지 않을 것인지 정한다(그림 3-20 참고. 둘 중 아무거나 사용해도 되지만 한 번에 한 스타일만 나타낼 수 있다).

트리거 막대는 트리거 소스가 활성화되어 있고 표시된 파형일 때만 나타난다. 지연 트리거 획득이 표시되면 한 개는 주 메뉴용으로 또 한 개는 지연 시간축용으로 2개의 트리거 막대를 사용할 수 있다. 트리거 막대는 트리거 수준을 시각적으로 표시하는 기능을 한다.

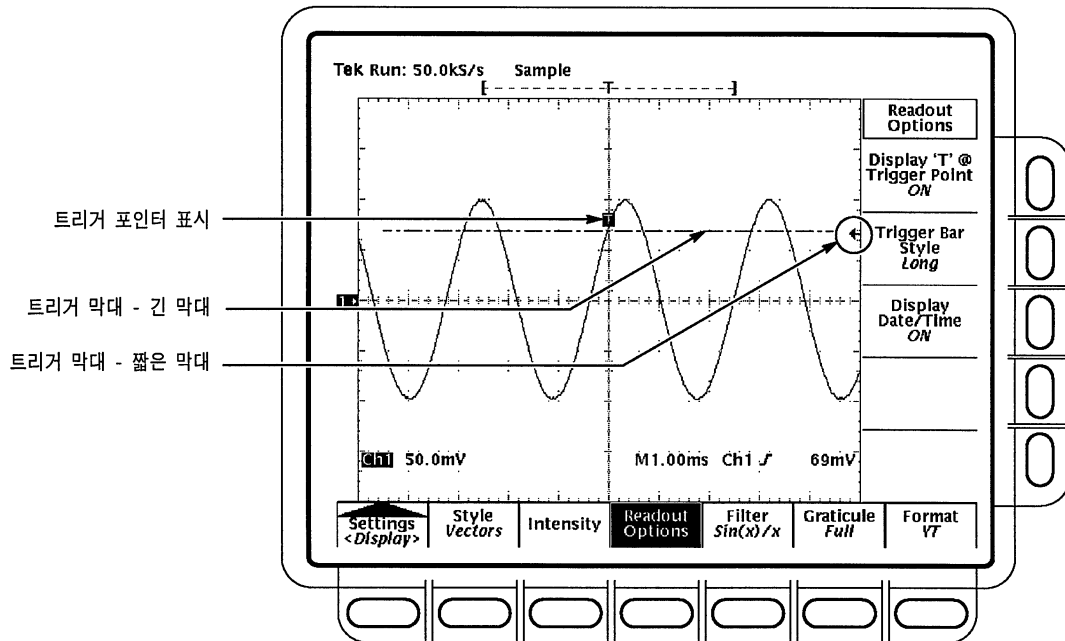


그림 3-20 트리거 포인트와 트리거 수준 표시

때때로 특히 하드카피 기능을 사용할 때 화면에 현재 날짜와 시간을 표시해야 할 경우가 있다 (날짜와 시간을 설정하고 나타내는 방법에 대한 설명은 3-184 쪽 “날짜 / 시간을 하드카피에 표시하는 법”을 참고한다).

4. **Display Date/Time(side)**에서 ON이나 OFF를 선택한다. **Clear Menu**를 누르면 현재 날짜와 시간을 볼 수 있다.

보간 필터 선택

디스플레이 필터에는 $\sin(x)/x$ 보간과 선형 보간이 있다. 보간 필터 사이를 전환하려면,

TDS 600B 모델: **DISPLAY** → **Settings(main)** → **Display(pop-up)** → **Filter(main)** → **Sin(x)/x Interpolation** 이나 **Linear Interpolation (side)**를 누른다.

TDS 500D 와 TDS 700D 모델: **DISPLAY** → **Settings(main)** → **Display(pop-up)** → **Normal(pop-up)** → **Filter(main)** → **Sin(x)/x Interpolation** 이나 **Linear Interpolation (side)**를 누른다.

주 수평 배율을 더 빠르게 설정하거나 (TDS 600B 에서 10ns/div; TDS 500D 와 TDS 700D 지정 속도는 3-37 쪽의 표 3-4 를 참고한다.), 파형을 가로로 확대하기 위해 ZOOM 기능을 사용할 때 보간이 일어난다. (어떤 필터를 사용할 것인지는 Display 메뉴에서 설정한 내용에 따라 결정된다.) 이런 경우가 아니면 보간이 사용되지 않는다. 보간에 대한 자세한 설명은 3-30 쪽 “보간”을 참고한다.

계수판 유형 선택

계수판 모양을 바꾸려면,

DISPLAY → Settigns(main) → Display(pop-up) → Graticule(main) → Full, Grid, Cross Hair, Frame, NTSC 나 PAL(side)를 누른다.



*Full*을 선택하면 격자와 십자선,프레임이 모두 나타난다.



*Grid*를 선택하면 프레임과 격자만 나타난다.



*Cross Hair*을 선택하면 십자선과 프레임만 나타난다.



*Frame*을 선택하면 프레임만 나타난다.

*NTSC*를 선택하면 NTSC 등급 파형을 측정할 수 있는 격자가 나타난다.

*PAL*을 선택하면 PAL 등급 파형을 측정할 수 있는 격자가 나타난다.

주 NTSC 나 PAL 계수판을 선택하면 수평 배율, 위치 설정, 커플링이 자동으로 바뀌고 표시되는 채널의 수평 오프셋이 0으로 설정된다. 다른 계수판 형식으로 바뀌면 이 설정 내용은 없어진다. 그러므로 다른 계수판 형식을 선택한 다음에는 공장 설정이나 저장되어 있는 다른 설정을 호출해야 한다.

포맷 선택

오실로스코프는 XY와 YT, 두 가지 포맷으로 파형을 표시한다.

디스플레이 축 형식을 설정하려면,

TDS 600B: **DISPLAY → Settigns(main) → Display(pop-up) → Format(main) → XY 나 YT(side)**를 누른다.

TDS 500D와 TDS 700D 모델: **DISPLAY → Settigns(main) → Display(pop-up) → Mode(main) → Normal(pop-up) → Format/RO(main) → XY 나 YT(side)**를 누른다.



YT는 일반적인 오실로스코프 디스플레이 형식으로 시간이 지나면서 변하는 단일 전압을 보여 준다(수평 축).



XY 형식은 두 개의 파형 레코드의 전압 수준을 하나 하나 비교하여 보여 준다. 즉 오실로스코프에 특정 파형 레코드의 전압을 다른 파형 레코드 전압과 비교한 그래프가 나타난다. 이 모드는 위상 관계를 알아보는 데 유용하다.

XY 포맷을 선택하면 표시할 모든 채널과 기준이 표 3-5에 표시된 축으로 지정되어 XY의 쌍의 일부로 표시된다. XY쌍 중 하나만 표시되면 자동으로 다른 하나를 작동시켜 XY 포맷을 선택했을 때 XY 쌍이 되도록 한다. 또한 XY가 작동되었을 때 하나의 소스만 선택하면 그 쌍의 다른 하나도 작동된다. 한 소스에서 WAVEFORM OFF를 누르면 소스가 둘 다 화면에서 삭제된다.

표 3-5 XY 포맷 쌍

XY 쌍	X-축 소스	Y-축 소스
Ch 1과 Ch 2	Ch 1	Ch 2
Ch 3과 Ch 4(Ax1과 Ax2)	Ch 3(Ax1)	Ch 4(Ax2)
Ref 1과 Ref 2	Ref 1	Ref 2
Ref 3과 Ref 4	Ref 3	Ref 4

YT나 XY를 선택하는 것은 디스플레이에만 적용되므로 수평 및 수직 배율과 위치 노브와 메뉴는 선택한 모드에 상관없이 같은 매개 변수를 조절한다. 특히 XY 모드에서 수평 배율은 시간축을, 수평 위치는 표시할 파형의 구역을 조절한다.

XY 포맷은 연속성이 있기는 하지만 점만을 사용한(dot-only) 디스플레이이다. XY 포맷에서는 벡터 스타일을 선택해도 적용되지 않는다.

XY 포맷에서는 Math 파형을 나타낼 수 없다. XY 포맷을 선택하면 연산 파형은 화면에서 사라진다.

주 Hardcopy 팔레트에서 백색 필드와 같이 실온이 높거나 휘도가 높은 디스플레이 포맷에서 XY 형식을 사용하면 일시적으로 화면 질이 떨어진다.

디스플레이 색 사용자 설정

TDS 오실로스코프에서는 여러 가지 색으로 정보를 나타낼 수 있다. 이 단원에서는 Color 메뉴를 사용하여 다양한 색을 선택하여 화면에 나타내는 방법에 대해 설명한다. 메뉴 중 어떤 항목은 흑백 TDS 500D 오실로스코프에서도 사용 가능하다.

디스플레이 색 변경

Color 메뉴를 사용하려면,

1. **DISPLAY**를 눌러 Display 메뉴를 불러 온다.
2. 주 메뉴에서 **Settings**을 눌러 돌출 메뉴에서 **Color**를 선택한다(그림 3-21 참고).

Color 메뉴에서 파형과 텍스트 같은 여러 가지 디스플레이 요소들의 색 설정을 변경할 수 있다. Display 메뉴에서 스타일, 휘도 수준, 계수판, 포맷 등을 조정할 수 있다. 디스플레이에 대한 자세한 내용은 3-41 쪽 “디스플레이 설정 변경”을 참고한다.

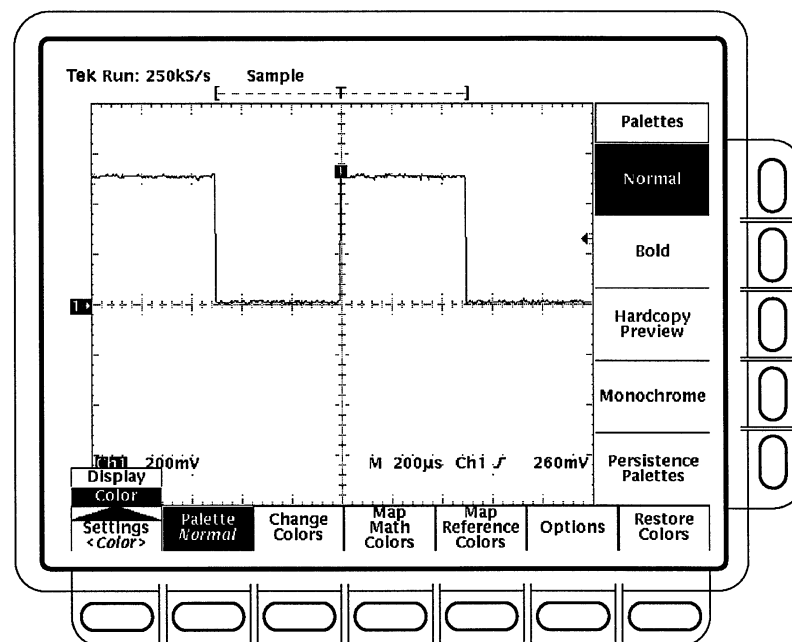


그림 3-21 Display 메뉴 - 설정

팔레트 선택

사전 설정된 팔레트에서 13 가지 색의 팔레트를 선택하려면,

1. 주 메뉴에서 **Palette** 을 선택하여 초기 팔레트를 선택한다.
2. 사이드 메뉴에서 사용 가능한 팔레트를 선택한다. **Normal, Bold, Hardcopy Preview, Monochrome** 중에서 하나를 선택한다.
3. 연속 디스플레이를 사용하고 있고 잔상에 따라 각 포인트의 색을 바꾸려면, **Persistence Palettes** 을 선택한 다음 사이드 메뉴에서 **Temperature, Spectral** 이나 **Gray Scale** 을 선택한다. 선택한 것이 어떻게 표시되는지 미리 보려면 **View Palette** 를 선택한다. **Palette** 메뉴로 돌아가려면 **Clear Menu** 를 누른다.

주 **Hardcopy Preview** 팔레트에서 백색 필드와 같이 실온이 높거나 휘도가 높은 디스플레이 포맷에서 **XY** 형식을 사용하면 일시적으로 화면 질이 떨어진다.

특정 색의 하드카피 포맷을 사용할 때 **Hardcopy Preview** 팔레트를 선택할 수 있다. 이 팔레트의 기본색은 흰색 배경에 짙고 선명한 원색인데 일반적으로 이런 색 배합을 사용하면 시각 효과가 우수하다.

팔레트 색 변경

현재 팔레트의 색을 변경하려면 색을 선택한 다음과 같은 속성을 변경한다.

Hue - 표면에서 반사된 빛의 파장을 말한다. 무지개 스펙트럼의 색으로 계속 바뀐다. Hue 는 흑백 오실로스코프에서는 사용되지 않는다.

Lightness - 표면에서 반사되는 빛의 양(휘도)을 말한다. 검정에서 보통 색, 흰색까지 있다.

Saturation - 색의 채도를 말한다. 채도가 전혀 없으면 회색이 되고, 완전히 포화된 상태에서 채도가 가장 높다. Saturation 은 흑백 오실로스코프에서는 사용되지 않는다.

1. 칼라 오실로스코프: 주 메뉴의 **Change Colors** 를 선택한다 (그림 3-22 참고).

Persistence 팔레트 색 변경: **Palette(main) → Persistence Palettes(side) → View Palette(main)**를 선택한다. 사이드 메뉴에서 변경을 원하는 팔레트를 선택하고 주 메뉴의 **Change Colors for** 항목을 선택한다.

흑백 오실로스코프: 주 메뉴의 **Change Persistence Colors** 항목을 선택한다.

2. 사이드 메뉴에서 **Color**를 반복해서 눌러 원하는 색을 선택한다.(Persistence 팔레트를 변경할 경우 **Color Index**를 누른다.)
3. 선택한 색이나 색인을 공장 설정 값으로 사용하려면 사이드 메뉴에서 **Reset to Factory Color**를 누른다.
4. 사이드 메뉴에서 **Hue**를 선택하고 범용 노브나 키패드로 원하는 색을 선택한다. 0에서 359의 색조 범위에서 선택할 수 있고 샘플값은 다음과 같다. 0은 blue, 60은 magenta, 120은 red, 180은 green, 300은 cyan이다.
5. 사이드 메뉴에서 **Lightness**를 누르고 범용 노브나 키패드로 원하는 휘도를 선택한다. 0은 검정, 50은 보통 색, 100은 흰색이다.
6. 사이드 메뉴에서 **Saturation**을 누르고 범용 노브나 키패드로 원하는 채도를 선택한다. 100은 원색, 0은 회색이다.

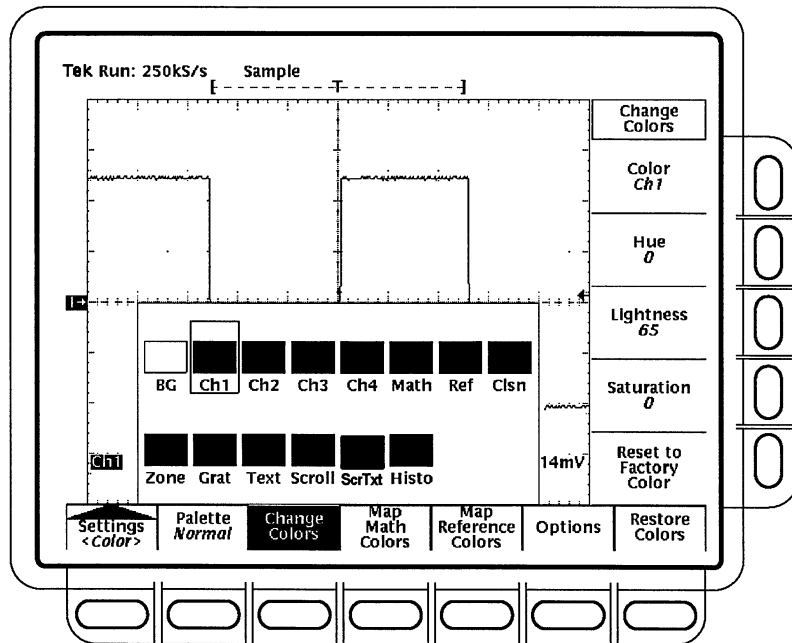


그림 3-22 Display메뉴- 팔레트 색

연산 파형 색 설정

연산 파형 색을 지정하려면,

1. 주 메뉴의 **Map Math** 를 누르면 연산 파형 색 설정이 선택된다.
2. 사이드 메뉴에서 **Math** 를 눌러 3 개의 연산 파형 중 하나를 선택한다.
3. 선택한 파형에 특정 색을 지정하려면 **Color** 를 누르고 원하는 색을 고른다.
4. 선택한 연산 파형의 색을 기준이 되는 파형과 같은 색으로 하려면 **Color Matches Contents** 를 선택한다. 연산 파형이 이중 파형에 기준하고 있으면 첫 번째 구성 파형 색을 사용한다.

공장 설정 색으로 돌아가려면 **Reset to Factory Color** 를 선택한다.

기준 파형 색 설정

기준 파형 색을 설정하려면,

1. 주 메뉴에서 **Map Reference** 를 누른다 (그림 3-23 참고).
2. 사이드 메뉴의 **Ref** 를 눌러 4 개의 기준 파형 중에 하나를 선택한다.
3. 선택한 기준 파형에 특정 색을 지정하려면 **Color** 를 누른 다음 값을 선택한다.
4. 선택한 기준 파형의 색을 기준이 되는 파형과 같은 색으로 하려면 **Color Matches Contents** 를 누른다.

공장 설정 색으로 돌아가려면 **Reset to Factory Color** 를 선택한다.

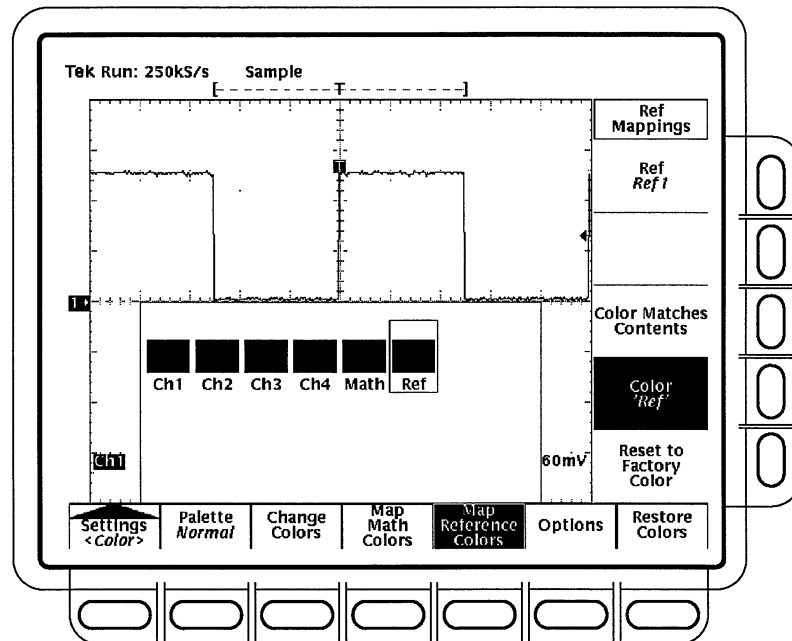


그림 3-23 Display 메뉴 - 기준 색 정하기

옵션 설정

파형이 서로 교차되는 지점의 색을 지정하려면,

1. TDS 600B 모델: 주 메뉴에서 **Options** 를 누른다.

TDS 500D와 TDS 700D 모델: 주 메뉴에서 **Options Restore** 를 누른다.

2. 사이드 메뉴에서 **Collision Contrast**를 ON으로 전환하여 교차 지점을 원하는 색으로 표시한다.

컬러 복구

공장 기본 설정 색으로 돌아가려면,

1. TDS 600B 모델: 주 메뉴에서 **Restore Colors** 를 누른다 (그림 3-24 참고).

TDS 500D와 TDS 700D 모델: 주 메뉴에서 **Options Restore** 를 누른다.

2. 사이드 메뉴에서 **Reset Current Palette To Factory, Reset All Palettes To Factory**(흑백 오실로스코프에서는 **Reset Palette**) 또는 **Rest All Mappings To Factory**를 눌러 복구 대상을 선택한다.

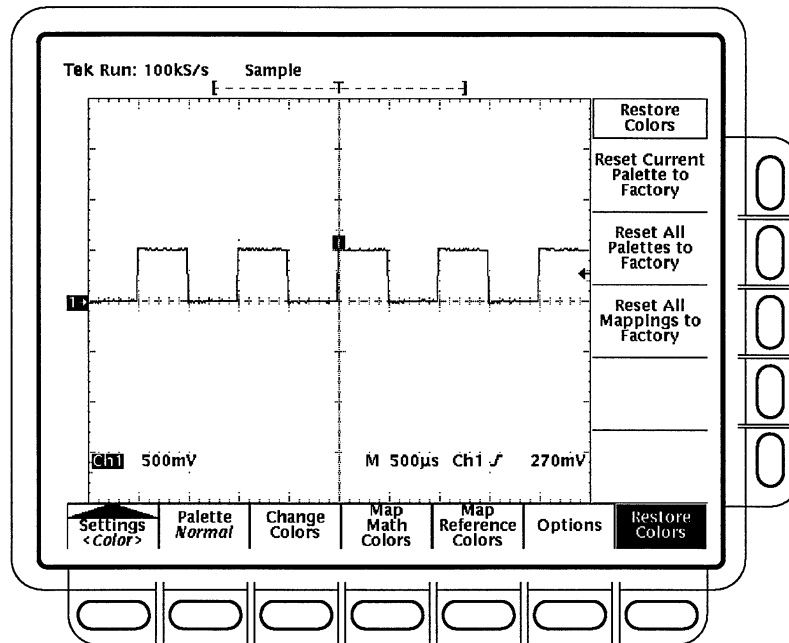


그림 3-24 Display 메뉴 - 컬러 복구

컬러 매핑 선택

획득 데이터베이스 값을 매핑하는 방법을 정의하여 색인을 표시하려면 (TDS 500D와 700D 모델만 해당) 다음 단계를 수행한다.

1. 주 메뉴에서 **Options Restore** 항목을 누른다.
2. 사이드 메뉴에 있는 **Color Mapping**을 **Intensity** 또는 **Percentages**로 토글하여 휘도에 있는 값이나 백분율 값을 매핑한다.

DPO Brightness(DPO 밝기) 메뉴 항목(3-63쪽 참고)을 사용하여 강도를 제어할 수 있다. Percentages(백분율)로 Map Colors(맵 컬러) 메뉴에서 Color Mapping(컬러 매핑) 백분율을 설정할 수 있다.

컬러 매핑 백분율

획득 데이터베이스 값을 매핑하는 백분율을 설정하여 색인을 표시하려면 (TDS 500D와 700D 모델만 해당) 다음 단계를 수행한다.

1. 주 메뉴에서 **Percentage Color Mapping** 항목을 누른다.
2. **Color Index(side)**를 조정할 컬러 색인 범위로 토글한다.
3. **Max Percentage(side)**를 누른다. 그런 다음 범용 노브나 키보드를 사용하여 선택한 컬러 색인의 상한 백분율을 설정한다.

공장 기본값으로 복구하려면, **Reset to Factory**를 선택한다.

파형 줌

TDS 오실로스코프에서는 샘플링 속도, 레코드 길이같은 획득 매개 변수를 변경하지 않고도 파형을 확대하거나 축소할 수 있다. 이 단원에서는 Zoom 기능 사용법과 선택 파형과의 상호 작용, 보간이 Zoom에 주는 영향에 대해서 설명한다.

일시적으로 파형의 작은 부분을 확대하여 관찰하려면 Zoom 단추를 눌러 Zoom 기능을 사용한다. 예를 들어 일시적으로 한 펄스의 앞 코너 부분에 이상이 있는지 확대해서 검사하려면 Zoom 단추로 파형을 수평, 수직으로 확대할 수 있다. 확대 관찰이 끝난 뒤 메뉴 단추 중 하나를 누르면 원래 배율로 되돌아간다. (눈금 당 가장 빠른 시간에 파형을 획득한 다음 파형을 수평으로 더 확대하여 관찰할 때 이 기능을 사용하면 편리하다.)

파형에 줌 사용

줌 기능이 파형에서 어떻게 작동하는지를 알면 더욱 효율적으로 사용할 수 있다. 수직 줌을 사용하면 선택한 파형만 확대되거나 축소되고 Zoom 상태에서 선택한 파형의 위치를 조정한다.

수평 줌을 사용하면 선택된 파형 뿐 아니라 Zoom 메뉴에서 Horizontal Lock 설정에 따라 모든 활성 파형과 기준 파형이 확대된다.

수평과 수직 줌을 사용하면 줌 계수에 따라 확대되거나 축소된다.

보간과 줌

줌과 보간이 서로 어떻게 작동하는지를 알면 줌 기능을 더욱 효율적으로 사용할 수 있다. 파형에 줌 기능을 사용하면 파형의 한 구역이 확대된다. 오실로스코프에서 확대된 구역을 원래 획득한 포인트보다 더 많은 포인트로 나타내야 할 때 보간을 사용한다.

보간에는 선형 보간과 $\sin(x)/x$ 두 가지 방법이 있다. $\sin(x)/x$ (기본)을 사용하면 파형 에지에 오버슈트와 언더슈트가 나타날 수도 있다. 이런 경우에는 보간 방법을 선형으로 바꾸고 3-56 쪽의 지침대로 한다.

두 가지 보간 방법에 대한 자세한 내용은 3-30 쪽 “보간”을 참고한다. 실제 샘플과 보간된 샘플을 구별하려면 디스플레이 스타일을 **Intensified Samples**로 설정한다(3-41 쪽 “디스플레이 스타일 선택”을 참고한다).

줌 계수 확인하기

줌된 파형의 줌 계수를 신속하게 파악하려면 줌된 파형을 선택하고 Zoom 판독값을 확인한다. 줌 판독값에는 선택된 파형이 번호로 표시되고 수평과 수직 확대 계수가 표시된다.

줌이 작동 중이면 Zoom 판독값은 화면 상단에 나타난다(3-56 쪽 그림 3-25 참고). Dual-window(미리 보기) 모드에서는 Zoom 판독값이 나타나지 않는다.

파형 줌 하기

Zoom을 사용하고, 파형을 선택하고, Zoom을 켜고, 수직, 수평 노브로 파형을 확대하는 방법은,

1. 화면 오른쪽에 있는 **CH 1**에서 **CH 4** 중 원하는 파형을 선택하거나 **More**를 눌러 More 메뉴에서 연산 파형이나 기준 파형을 선택한다.
2. **ZOOM**을 누른다.

ZOOM→Mode(main)→ON(side)를 순서대로 누른다. 프론트 패널의 ZOOM 단추에 불이 켜진다. 사이드 메뉴에서 **Dual Zoom**을 **OFF**로 전환한다.
3. 수직 **SCALE** 노브로 선택한 파형의 수직 줌 계수를 조정한다. 수직 **POSITION** 노브로 줌된 파형의 수직 위치를 조정한다.
4. 수평 **SCALE** 노브로 수평 줌 계수를 조정하고 수평 **POSITION** 노브로 줌된 파형의 수평 위치를 조정한다.

사이드 메뉴의 **Horizontal Lock**에 대한 선택에 따라 파형 디스플레이가 달라진다.

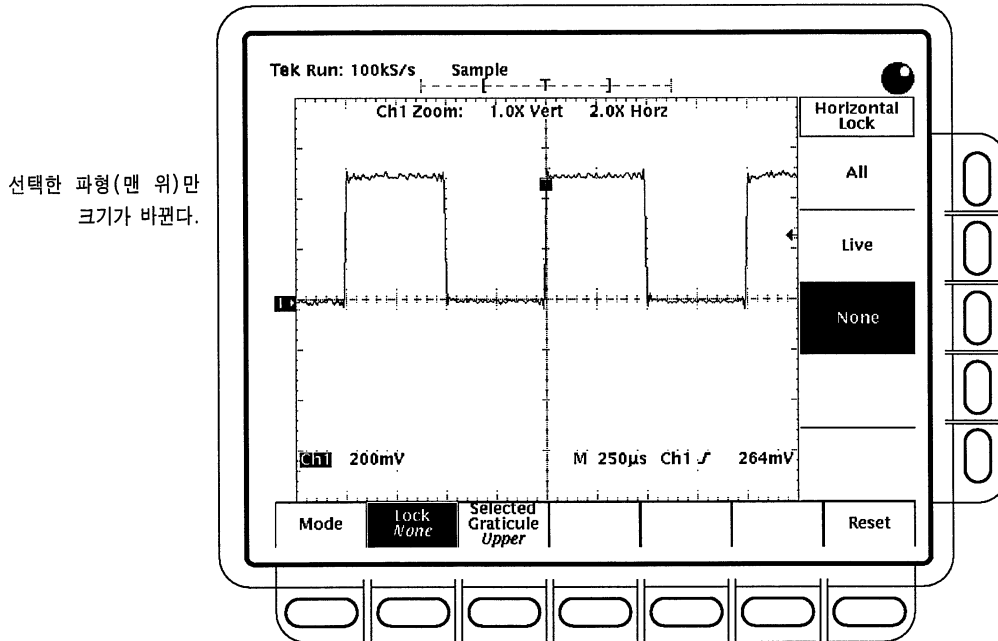
None - 현재 선택된 파형만 수평으로 확대되고 위치가 조정된다 (그림 3-25).

Live - 기준 파형이 아닌 모든 활성 파형이 동시에 수평으로 확대되고 위치가 조정된다. 기준 파형이나 연산 파형을 선택하고 **Horizontal Lock**을 *Live*로 설정하면 선택된 기준 파형이나 연산 파형만 확대되고 위치 조정된다.

All - 디스플레이된 모든 파형 (활성, 연산, 기준)이 동시에 수평으로 확대되고 위치 조정된다.

5. **ZOOM → Lock(main) → All, Live** 또는 **None(side)**를 누른다.

주 파형을 줄이기 위해 *Zoom*을 켜야 하지만 *Horizontal Lock* 설정에 따라 *Zoom*이 켜져 있든 꺼져 있든 상관없이 수평 제어가 적용될 파형이 결정된다. *Horizontal Lock*에 대한 세 가지 설정 방법이 3-54 쪽 단계 4에 설명되어 있다.



선택한 파형(맨 위)만 크기가 바뀐다.

그림 3-25 Horizontal Lock 이 None으로 설정된 줌 모드

보간 설정

보간법을 변경하려면, **DISPLAY → Settings(main) → Display(pop-up) → Filter(main) → Sin(x)/x Interpolation** 또는 **Linear Interpolation(side)**를 선택한다.

줌 재설정

모든 줌 계수를 기본 설정값으로 재설정하려면 다음 절차대로 한다.

ZOOM → Reset(main) → Reset Live Factors 또는 **Reset All Factors(side)**를 누른다. Reset Live Factors를 선택하면 활성 파형만 재설정되고 Reset All Factors를 선택하면 모든 파형이 재설정된다.

Dual Window 모드 사용

확대된 화면과 원래 화면 둘 다를 표시하고 조절할 수 있다. 계수판이나 창을 2개로 나눠 위 창에는 확대된 파형을 그리고 아래 창에는 확대하지 않은 파형을 표시한다. Dual Window Zoom(zoom preview 모드)를 사용하려면 다음 절차대로 한다.

1. **Zoom → Mode(main) → Preview(side)**를 순서대로 누른다. 위 계수판에는 상자 표시한 부분이 확대되어 나타난다(그림 3-26 참고).

2. 확대되지 않은 파형의 배율과 위치를 조정하려면 **Selected Graticule(main) → Lower(side)**를 누른다. 수평 및 수직 노브로 상자 안의 확대되지 않은 파형의 배율과 위치를 조정한다.

확대되지 않은 파형의 배율을 조정하고 위치를 옮기면 지정한 파형 부분만 상자 안에 나타내기 위해 확대 화면도 그에 따라 바뀐다.

3. 확대된 파형을 스케일하거나 위치를 조정하려면, **Selected Graticule(main) → Upper(side)**를 누른다. 수직, 수평 노브로 확대된 파형의 배율과 위치를 조정한다.

확대된 파형의 배율이나 위치를 조정하면, 확대되지 않은 부분의 배율이나 위치도 조정되기 때문에 위 계수판에서 확대된 파형 부분만 상자 안에 포함된다.

Dual Windows Zoom 모드에서는 줌 확대 계수는 표시되지 않지만 줌된 파형의 배율 계수 (volts/division과 time/division)가 표시된다.

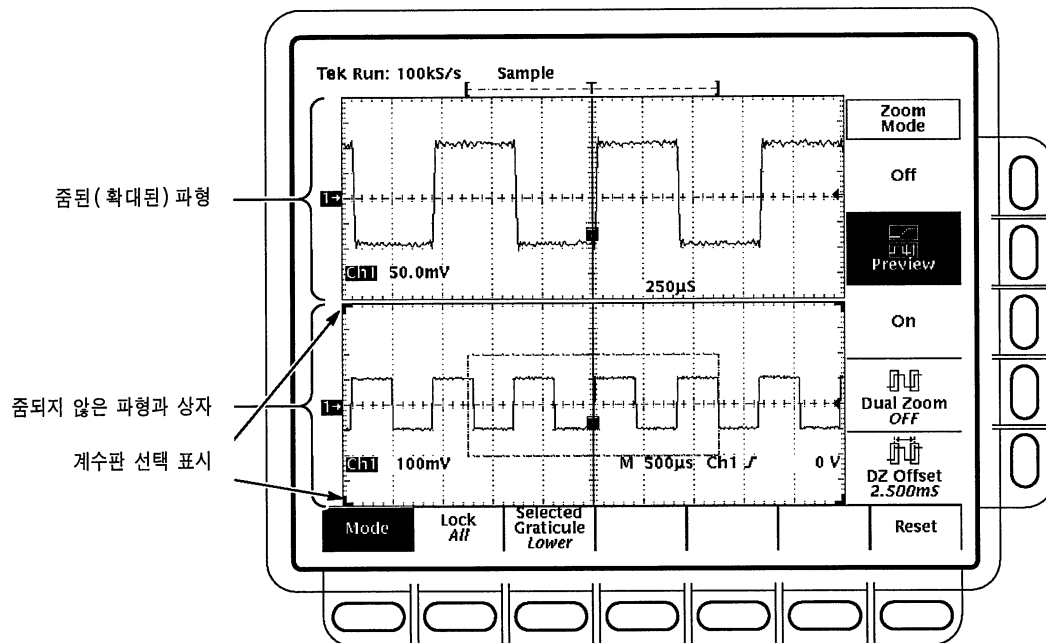


그림 3-26 Dual Window (Preview) 모드

파형 이중 줌

이중 줌을 선택하려면 **ZOOM → Mode(main) → Dual Zoom(side)** 를 눌러 작동시킨다 (그림 3-27 참고).

이중 줌에서는 확대하지 않은 파형을 두 번째 줌 보기로 나타낸다. 두 번째 줌 보기는 첫 번째 줌 보기에서 시간상 오프셋된 것이다. 또한 **Dual Zoom** 디스플레이를 보려면 줌을 작동시켜야 한다 (사이드 메뉴에서 **ON** 이나 **Preview** 선택).

Dual Zoom Offset 을 설정하는 방법

첫 번째 줌 보기에서 두 번째 줌 보기의 시간 오프셋을 설정하려면 **ZOOM → Mode(main) → Dual Zoom Offset(side)** 를 누른 다음 범용 노브나 키패드로 오프셋을 설정한다.

이중 줌 오프셋은 항상 양수이다. 오실로스코프는 가능한 필요값에 가장 가까운 수치를 오프셋으로 설정한다. 오프셋을 0.0 으로 설정하면 줌 계수에 관계없이 줌 상자가 서로 맞닿게 된다.

수평 줌과 배율 계수는 가능한 최소 오프셋 시간을 결정한다. 줌 상자 두 개는 항상 똑같은 시간 길이를 가지고 있고 한 상자와 똑같은 시간만큼 첫 번째 상자로부터 오프셋된다. 줌 계수를 두 배로 하면 각 상자가 포함하는 시간은 반으로 줄고 따라서 최소 오프셋 시간도 반으로 줄어든다.

키패드로 입력한 값이 최저 시간보다 작으면 그 값을 '필요값(request)'으로 오실로스코프에 기억된다. 줌 계수를 올리거나 수평 배율을 필요값까지 내리면 이 값을 오프셋 시간으로 설정한다. 범용 노브를 사용할 때는 최소 오프셋 시간보다 작게 설정할 수 없다.

주 *Dual Zoom*을 더 쉽게 설정하려면 **사이드 메뉴**에서 **Preview**를 켜다. 이 이중 창 모드에서는 줌 화면이 위쪽 계수판에 나타나고 아래 계수판에는 확대되지 않은 상태에서 확대 부분이 두 개의 상자로 표시된다. 오프셋을 설정하면 왼쪽 상자에 비례하여 오른쪽 상자가 움직인다. 위쪽 계수판 안의 확대된 파형은 움직이면서 오프셋 변동을 추적한다. 아래 계수판을 선택하고 수직과 수평 조절 노브로 파형을 줌 상자에 비례하여 조절할 수 있다. 3-56 쪽 "*Dual Window* 모드 사용"을 참고한다.

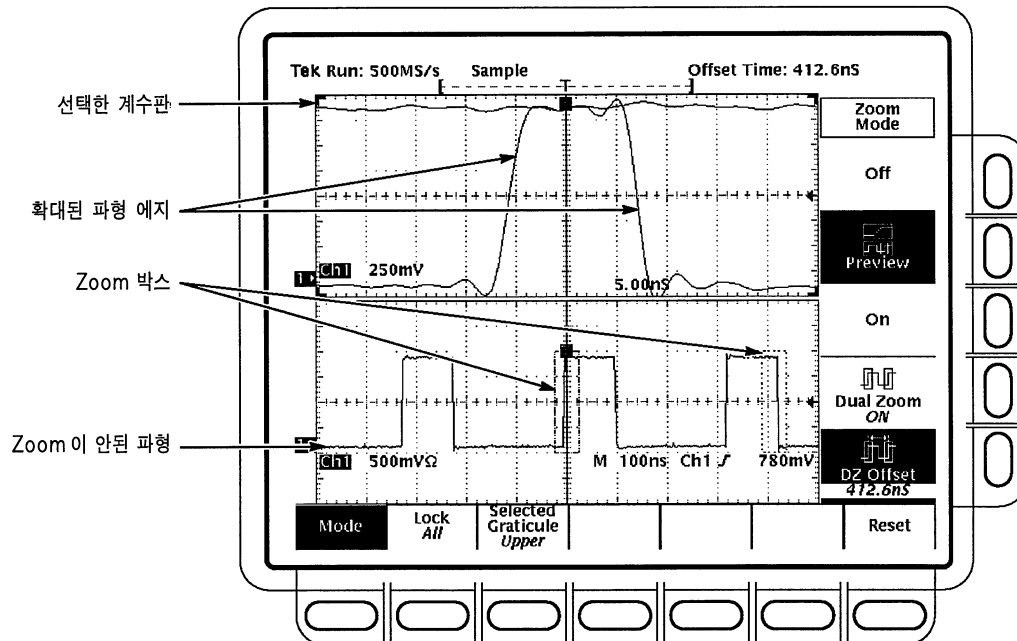


그림 3-27 Dual Zoom - Dual Window (Preview) 모드 보기

DPO 획득 모드

TDS 500D와 700D 오실로스코프는 DPO 획득 모드를 사용하여 강력 정보를 제공하는 화면을 만들 수 있다. DPO 획득 모드는 디지털이징 저장 오실로스코프(DSO)가 파형을 획득할 때 일반적으로 발생하는 파형 획득 사이의 부동 시간을 줄여준다. 이 부동 시간 감소로 DPO 모드가 정상 DSO 작동에 수반되는 보다 긴 부동 시간 중에 글리치와 런트 펄스와 같은 일시적인 오차를 포착하고 표시할 수 있다. DPO 모드는 발생율을 반영하는 휘도에서 파형 현상을 표시할 수도 있다.

DPO XY 및 XYZ 모드는 또한 입력 채널로부터 연속적이고, 트리거되지 않은 데이터를 받아들이며 휘도 정보를 제공한다. 이 절에서는 DPO 모드 사용 방법과 이 모드가 정상 획득 모드와 어떻게 다른지를 설명한다.

DPO는 레코드 길이와 샘플링 속도를 자동으로 선택하여 표시된 이미지를 최적화한다. DPO는 최대 1GS/s의 샘플링 속도와 최대 500K의 레코드 길이를 선택하고 500 픽셀로 압축하여 최대 화면 내용을 만들어 낸다.

파형 포착 속도

그림 3-28, 3-29 및 3-30은 DPO 획득 모드가 디지털 저장 오실로스코프가 사용하는 정상 획득 모드와 어떻게 다른지를 보여준다. 정상 모드는 "파형 포착-파형 디지털화-파형 메모리 갱신- 파형 표시" 사이클을 따르는 것에 유의한다. 정상 모드에서는 긴 부동 시간 동안 발생하는 단기간의 오차를 놓친다. 전형적인 파형 포착 속도는 초당 50 파형이다.

DPO 모드는 표시 중에 여러 번 파형 배열을 갱신하면서 파형 포착 속도를 초당(최대 파형 속도는 오실로스코프 모델에 따라 다름) 최대 200,000파형까지 증가시킨다. 이런 매우 빠른 포착 속도는 런트, 글리치 및 다른 비정상적인 상황이 파형 메모리에 축적될 가능성을 크게 증가시킨다. 이때 오실로스코프는 가변 또는 무한 지속과 조정 가능하거나 자동적인 밝기를 사용하여 정상 표시 속도로 파형을 표시한다. 가변 지속을 선택하고 부식 상수를 설정하여 화면상에 파형을 지속시키는 시간을 제어할 수 있다. 가장 최근의 획득만 표시하려면, 지속 없음을 선택한다.

DPO는 아날로그 오실로스코프처럼 파형 배열에 있는 각 포인트에 장력과 명암 단계 정보를 추가한다. 파형 배열은 화면 픽셀의 이차원 배열이다. 화면 픽셀 값은 파형 획득에 의해 쓰여질 때마다 증가된다. 픽셀은 데이터베이스가 빨리 재설정하지 않을 경우에는 포화 상태에 이르거나 오버플로우 될 수 있다. 포화 발생 시기는 각 픽셀에 대한 배열의 깊이의 기능, 트리거 속도 및 안정성이나 획득 데이터의 일관성의 함수이다. 데이터에 일관성이 있을 수록, 주어진 데이터의 위치가 더 자주 증가되고 더 빨리 포화될 것이다. 파형 배열의 깊이를 설정하려면, 3-64 쪽의 획득 깊이 설정하기를 참고한다.

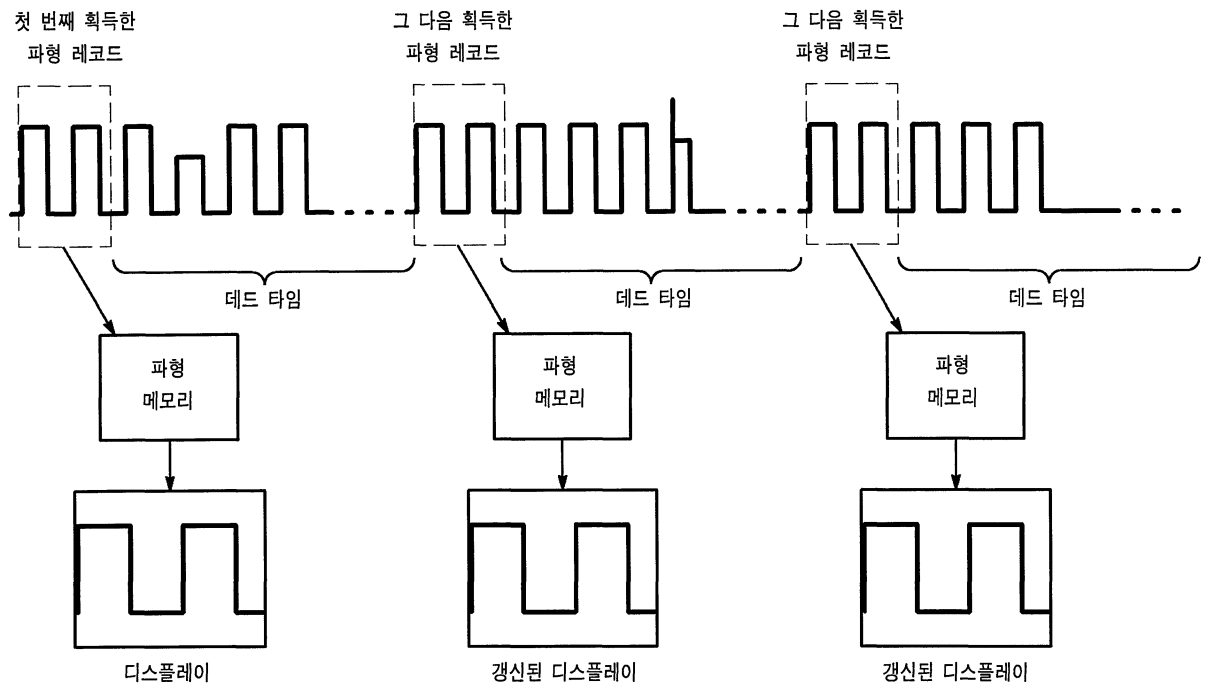
DPO 모드를 사용하는 방법

DPO 모드를 사용하려면 다음 두 가지 중 하나를 수행한다.

1. 전면 패널 단추 **DPO**를 누른다.
2. **DISPLAY → Settings(main) → Display(pop-up) → Mode(main)**를 누른다. **Mode**를 다시 눌러 DPO 모드로 토글한다.
3. **SAVE/RECALL SETUP → Recall Factory WITH DPO™(main) → OK Confirm DPO Init (side)**를 눌러 DPO 공장 설정을 호출한다.

DPO를 끄려면, **DPO**를 누른다. 다른 방법으로는, **DISPLAY → Settings (main) → DISPLAY (pop-up) → Mode (main)**를 누른 다음, **Mode**를 다시 눌러 정상 모드로 토글한다.

정상 DSO 모드



DPO 모드

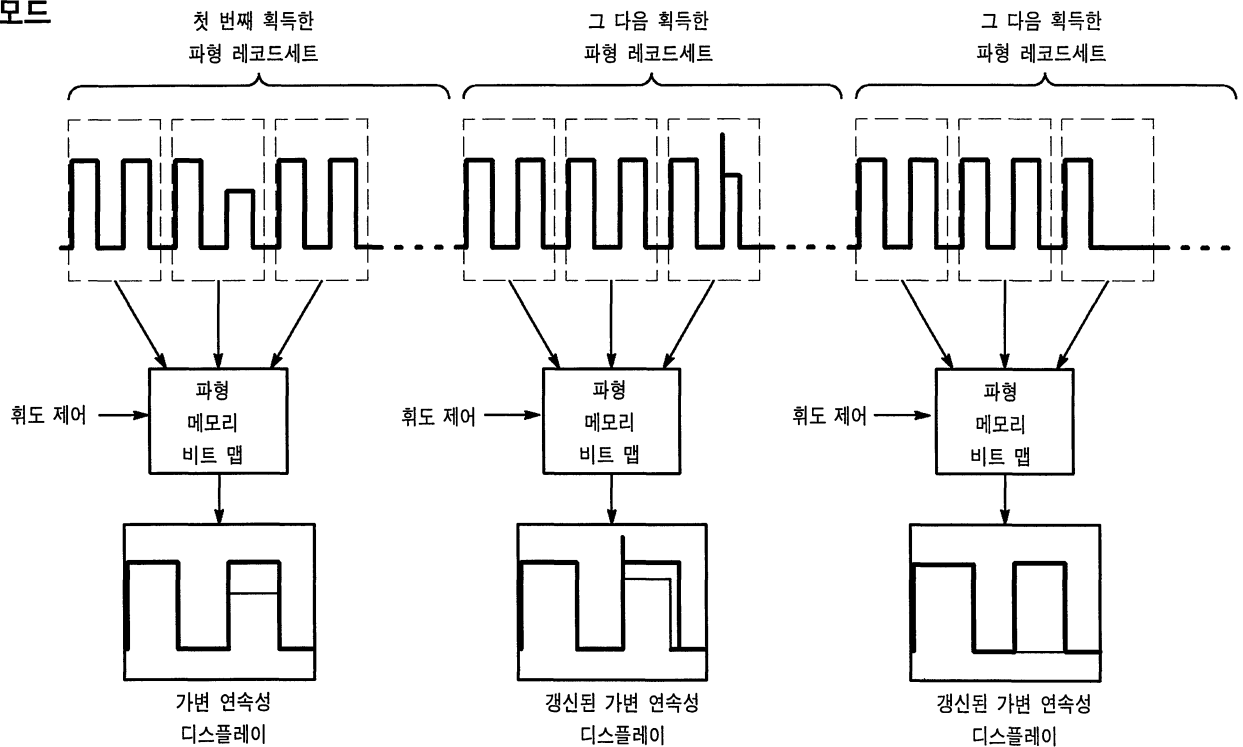


그림 3-28 정상 DSO 획득 및 디스플레이 모드와 DPO 모드 비교

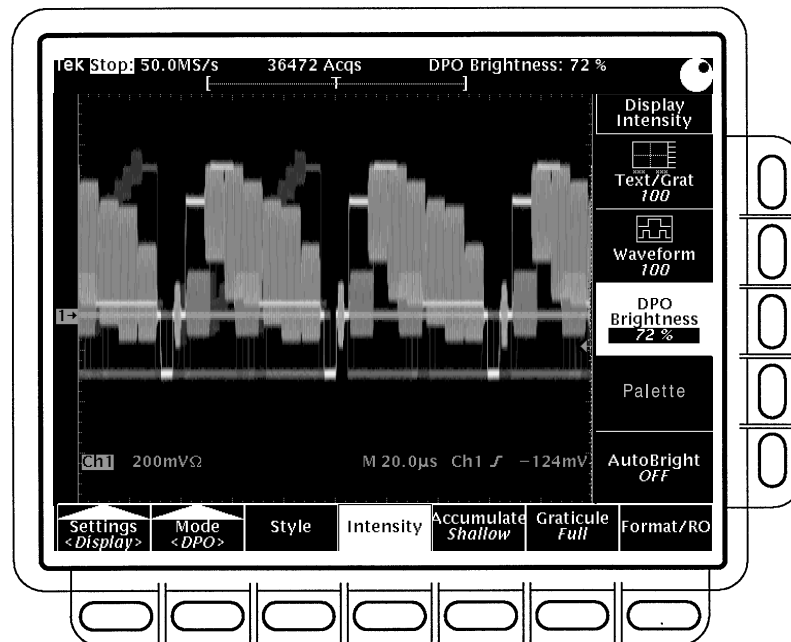


그림 3-29: DPO 디스플레이

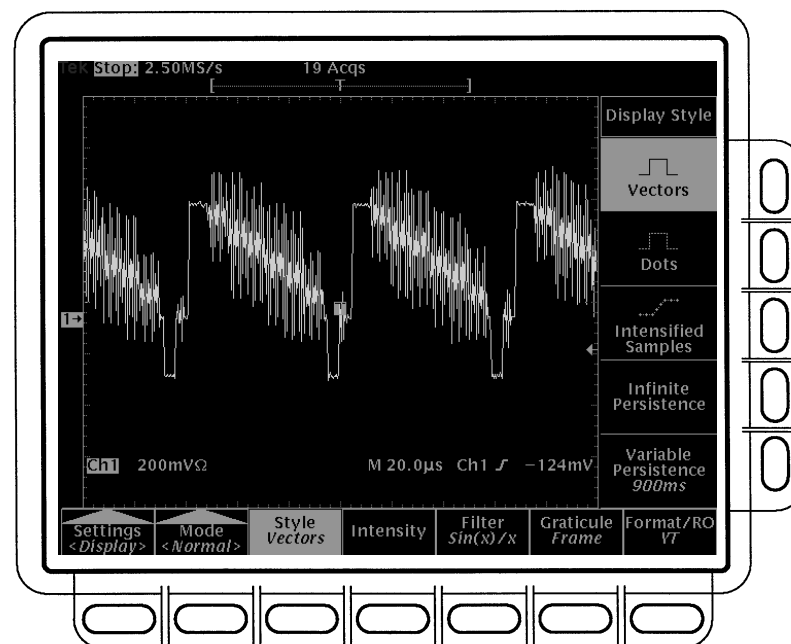


그림 3-30: 정상 DSO 디스플레이

DPO 스타일을 설정하는 방법

DPO 표시 형태를 변경하려면, 다음 단계를 수행한다.

1. **DISPLAY → Settings(main) → Display(pop-up) → Mode(main) → DPO(pop-up) → Style(main)** 를 순서대로 누른다.

2. 사이드 메뉴에서 **Vectors** 나 **Dots** 를 선택한다. (공장 기본 설정은 Dots 표시.)

3. 사이드 메뉴에서 **Infinite Persistence, Variable Persistence** 및 **No Persistence** 중에서 선택한다. (공장 기본 설정은 Variable Persistence.)

무한 및 가변 지속은 3-41 쪽에서 설명하였다. No Persistence 설정은 DPO 모드에서만 사용할 수 있으며, 새로운 파형 배열을 표시할 때마다 화면을 지운다.

4. **Variable Persistence**을 선택한 경우, 범용 노브나 키패드를 사용하여 지속 시간 (부식 속도)을 조정한다.

DPO 판독값 옵션을 설정하는 방법

DPO 판독값 옵션을 변경하려면, 다음 단계를 수행한다.

1. **DISPLAY → Settings(main) → Display(pop-up) → Mode(main) → DPO(pop-up) → Format/RO(main)** 를 순서대로 누른다.

2. 사이드 메뉴에 있는 **Display T @ Trigger Point, Trigger Bar Style** 및 **Display Date/Time** 을 원하는 설정으로 토글한다.

휘도 조정

DPO는 표시되는 이미지의 밝기를 설정하는 두 개의 파형 밝기 설정을 추가한다. 파형 밝기를 설정하려면, 다음 단계를 실행한다:

1. **DISPLAY * Settings (메인) * Display (팝업) * Intensity (메인) * DPO Brightness (사이드)**를 누른다. 키패드 또는 범용 노브로 파형 밝기 값을 입력한다. Color Mapping이 Percentages로 설정되어 있을 경우 컨트롤은 작동되지 않는다. 밝기가 높게 설정될수록 이벤트의 빈도가 감소되어 보기에 용이하다.

2. 최대 밝기를 가장 일상적인 상황의 값으로 자동 설정하려면, **DISPLAY → Settings(main) → Display(pop-up) → Intensity(main)** 를 누른다. 그런 다음 **AutoBright (side)** 를 **ON**으로 토글한다. Off는 표시된 밝기가 트리거 속도에 의존하도록 하여, 아날로그 오실로스코프와 같은 화면을 생성한다.

누적 깊이 설정하기

누적 깊이는 화면 픽셀에서 발생하는 획득 신호 횟수를 기록하는 파형 배열의 계수기 길이를 결정한다. DPO, 마스크 계산 및 막대 그래프 모드는 계수기를 사용한다. DPO 모드에서, 누적된 번호와 장력 제어는 각 표시된 픽셀에 대한 명암 단계 정보를 결정한다.

누적 깊이를 설정하려면, 다음 단계를 수행한다.

1. **DISPLAY → Settings (main) → Display (pop-up) → Mode (main) → DPO (pop-up) → Accumulate (main)** 를 누른다.
2. 사이드 메뉴에서 **Shallow** 나 **Deep** 을 선택한다. (Shallow가 기본 설정.)

Shallow를 선택하면 이미지를 더 빨리 포화시킬 수 있다. Shallow는 누적 깊이를 21 비트로 설정하거나, 막대 그래프 또는 마스크 계산이 액티브일 경우, 32 비트로 설정한다. Deep는 누적 깊이를 64 비트로 설정한다. 21 비트 이상인 누적 깊이는 화면 갱신 속도를 감소시키고, 가변 지속과 지속 없음을 비활성화시키고 이미지 배열의 저장 / 호출을 활성화 시킨다.

형식 선택

오실로스코프는 YT, XY 또는 XYZ의 3가지 형식 중 하나로 DPO 파형을 표시한다. 표시 축 형식을 설정하려면,

DISPLAY → Settings (main) → Display (pop-up) → Mode (main) → DPO (pop-up) → Format/RO (main) → YT, XY 또는 XYZ (side) 를 누른다.



YT는 전통적인 오실로스코프 표시 형식이다. 이 형식은 시간(수평 축)에 따라 변하는 신호 전압 (수직 축)을 보여준다.



XY 형식은 포인트 별로 두 파형 레코드의 전압 레벨을 비교한다(그림 3-31 참고). 즉, 오실로스코프는 다른 파형 레코드의 전압에 대하여 하나의 파형 레코드 전압 그래프를 표시한다. 이 모드는 위상 관계를 연구하는데 특히 유용하다. XY 형식은 트리거되지 않는다. VERTICAL POSITION과 수직 오프셋을 YT 모드의 화면 중심으로 설정하면, XY 표시는 화면 중심에 있고 YT 모드의 화면의 각 디비전은 XY 모드에 화면의 디비전을 생성한다.

XY 형식을 선택할 때, 표시된 채널이나 기준은 표 3-6에 표시된 축에 할당되고 XY 쌍의 일부로 표시된다. XY 쌍의 한 소스만 표시되는 경우, 오실로스코프는 자동으로 다른 소스를 켜 XY 쌍을 완성한다. 더욱이, XY가 켜지고 난 후, 쌍의 한쪽 소스를 켜고, 쌍의 한쪽에 대해 WAVEFORM OFF를 누르면 두 소스 모두 화면으로부터 이동한다.

DPO와 XY 또는 XYZ에 있으면, 마스크와 막대 그래프가 허용된다.

표 3-6 DPO XY 포맷 쌍

XY 쌍	X-축 소스	Y-축 소스
Ch 1과 Ch 2	Ch 1	Ch 2
Ch 3과 Ch 4(Ax1과 Ax2)	Ch 3(Ax1)	Ch 4(Ax2)
Ref 1과 Ref 2	Ref 1	Ref 2
Ref 3과 Ref 4	Ref 3	Ref 4

XYZ 형식은 XY와 마찬가지로 포인트 별로 CH1 (X)와 CH2 (Y) 파형 레코드의 전압 수준을 비교한다. 표시된 파형 휘도는 CH3 (Z) 파형 레코드에 의해 변조된다. XYZ 형식은 트리거되지 않는다. XYZ 형식은 2+2 채널 오실로스코프에서는 사용할 수 없다. (위치와 오프셋을 포함하여) CH3에 있는 A-5 디비전 신호는 빈화면을 생성하고 +5 디비전 신호는 전 휘도를 생성한다.

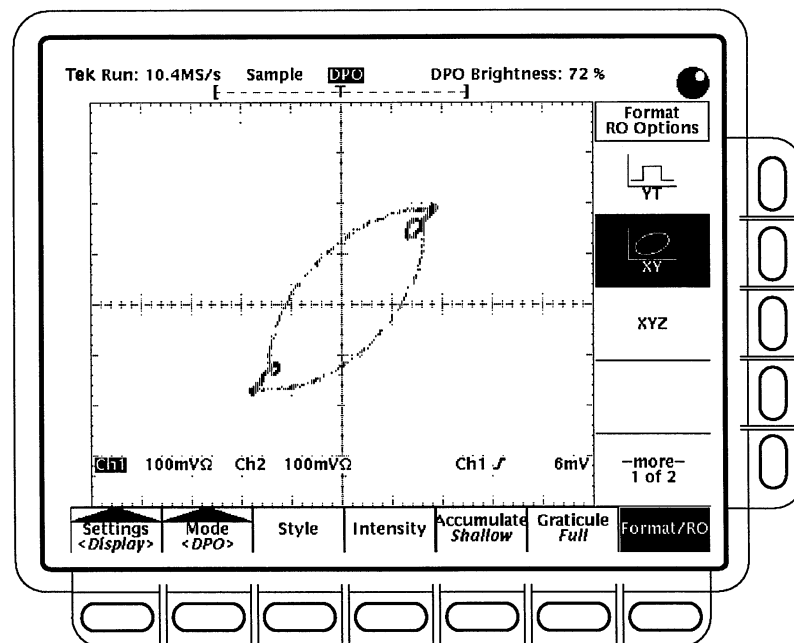


그림 3-31: DPO XY 디스플레이

HORIZONTAL 제어는 DPO XY와 XYZ에서는 무시된다.

XY 형식은 연속성을 가질 수는 있지만 도트 전용 화면이다. XY 형식을 선택하면 벡터 형태를 선택해도 효과가 없다.

비호환 모드

DPO 모드를 선택하면 여러 가지 모드와 기능을 사용할 수 없다.

- FastFrame, 한계 시험, 확장 획득 및 줌 모드
- 엔벨로프, 애버리지, 고해상도 및 단일 획득 순서 획득 모드 및 자동 저장 모드
- 보강된 시간축
- 500 샘플 보다 긴 레코드 길이
- 보간 (동등한 시간 샘플링이 대신 사용된다)
- 동등한 시간 모드에 있을 때의 벡터(파형은 대신 도트로 표시된다). (어떤 조건 하에서 오실로스코프가 정상적으로 보간하거나 동등한 시간을 사용하는지 결정하려면, 3-36 쪽 반복 샘플링 선택하기를 참고한다.)
- 연산 파형
- DPO XY 또는 XYZ에 있을 때 채널에서의 측정
- AMI 트리거는 허용되지만, 잘못 분리된 하나의 트레일링 에지를 표시
- 플롯 하드카피 형식
- 수평 위치 조정은 무시

DPO가 켜지기 전이나 켜져 있는 동안 이들 모드 중 하나를 선택하면, 해당 메뉴에서는 선택되어 있지만, 오실로스코프는 이들을 무시할 것이다. DPO를 끄면 이 모드를 사용할 수 있다. DPO를 켜올 때 오실로스코프 설정이 사용자의 예상과 다를 경우, 오실로스코프가 이 DPO 비호환 모드를 더 이상 무시하지 않기 때문일 수 있다.

DPO 모드는 연산 파형 선택을 허용하지 않는다. MORE 메뉴에서 연산 파형을 선택하려 할 경우, 오실로스코프는 오류 메시지를 표시할 것이다. DPO의 스위치를 끄고 연산 파형을 작성하거나, 채널 파형을 선택하고 DPO 모드를 계속 사용한다.

DPO는 지속 표시 형태를 사용하여 표시한다 (표시 메뉴 참고). 보강된 시간축을 선택하면, 보강된 존은 DPO가 꺼질 때 수평 스케일과 지연 시간에 의해 제어되지만, 존은 지속 표시 모드에 의해 마스크되며 볼 수 없다. DPO를 꺼 보강된 존을 표시한다.

FastFrame[™] 사용

사용자는 FastFrame(TDS 500D와 TDS 700D 모델에만 적용)을 정의하고 사용할 수 있다. 이 기능을 사용하면 단일 채널의 획득 메모리에서 여러 개의 획득을 할 수 있다. 그림 3-32에서는 FastFrame이 획득된 레코드를 모아서 하나의 큰 레코드로 만드는 과정을 볼 수 있다. 예를 들어 FastFrame은 500개 샘플이 들어 있는 레코드 10개를 5000개의 샘플이 들어 있는 하나의 레코드로 만들 수 있다.

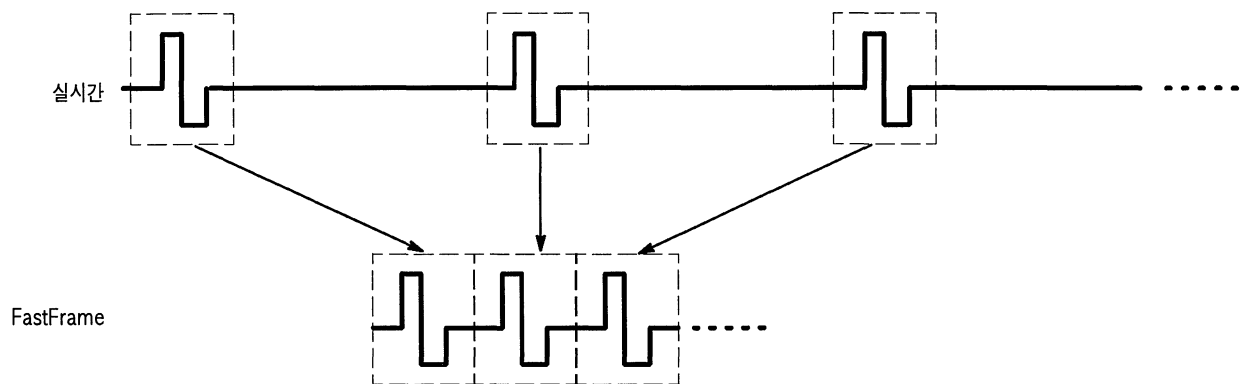


그림 3-32 FastFrame

FastFrame 모드를 사용하면 원하는 프레임으로 즉시 들어갈 수 있다. FastFrame을 사용하려면 다음 순서대로 한다.

1. **HORIZONTAL MENU** → **FastFrame Setup(main)** → **FastFrame(side)** 를 눌러 FastFrame 을 켜거나 끈다 (그림 3-33 참고).

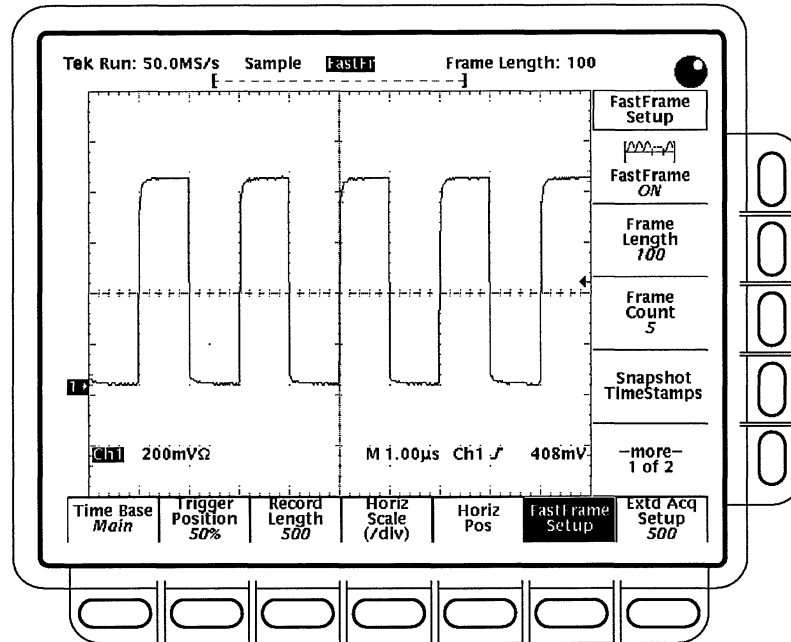


그림 3-33 Horizontal 메뉴-FastFrame 설정

2. **Frame Length**나 **Frame Count(side)**를 누른 다음 범용 노브로 FastFrame 매개 변수를 입력한다.

- 프레임 길이란 각 획득에서 샘플 수를 말한다.
- 프레임 카운트는 채널의 획득 메모리에 저장된 획득 수를 말한다. 오실로스코프는 레코드 길이를 프레임 카운트와 프레임 길이를 곱한 값과 같거나 더 큰 값으로 설정한다. 그 곱의 값이 최대 레코드 길이를 초과하면 프레임 길이나 프레임 카운트를 적절한 크기로 줄인다.

3. **Horiz Pos(main)**을 누른 다음 **Frame(side)**를 누르고 범용 노브로 원하는 프레임 번호를 입력한다. **Enter**를 누르면 그 프레임이 화면에 나타난다.

프론트 패널의 **HORIZONTAL POSITION** 노브로 파형을 왼쪽 오른쪽으로 움직이면 사이드 메뉴의 **Frame** 단추 옆에 있는 창에 중앙에 파형의 프레임 수가 나타난다.

시간 소인 프레임

TimeStamp를 사용하여 특정 프레임을 위한 절대 트리거 시간과 두개의 지정된 프레임의 트리거 사이의 상대 시간을 표시한다. FastFrame TimeStamp를 시작하려면, 다음 단계를 수행한다.

1. 3-68 쪽에서 시작하는 설명대로 FastFrame을 켜다.
2. 기준 프레임을 선택하려면, **HORIZONTAL → FastFrame Setup (main) → Reference Frame (side)**를 누르십시오. 그런 다음 범용 노브나 키패드를 사용하여 기준 프레임을 선택한다. 이 값은 두 프레임 사이의 상대 시간을 측정할 때 시작 프레임을 설정한다.
3. 위치 프레임을 선택하려면, **HORIZONTAL → FastFrame Setup (main) → Position Frame (side)**를 누른다. 그런 다음 범용 노브나 키패드를 사용하여 위치 프레임을 선택한다. 이 값은 두 프레임 사이의 상대 시간을 측정할 때 종료 프레임을 설정한다.
4. 기준과 위치 프레임을 함께 잠그려면, **HORIZONTAL → FastFrame Setup (main)**를 누른다. 그런 다음 **Lock Frames (side)**를 **ON**으로 토글한다. ON일 경우, 한쪽 프레임이 조정될 때 두 프레임은 서로 동일한 상대 거리를 유지한다.
5. TimeStamp를 켜려면, **HORIZONTAL → FastFrame Setup (main)**를 누른다. 그런 다음 **TimeStamp (side)**를 **ON**으로 토글한다 (그림 3-35 참고).

시간은 다음 형식으로 표시된다.

@Pos: xxx	위치 (또는 기준) 프레임 번호
DD MMM YYYY	날짜 (일, 월 및 년도)
HH:MM:SS.mmm	클릭 시간 (시, 분, 초 및 밀리초)
μμμ,nnn,ppp	초의 부분 (1/1000 초까지)

모든 시간 소인 보기

기준 프레임 시간 소인(그림 3-34)에 상대적인 현재 획득에 있는 모든 시간 소인의 목록을 표시하려면, **HORIZONTAL** → **FastFrame Setup** (main) → **Snapshot** (side)를 누른다.

첫번째 열은 기준 프레임 (그림의 프레임 6)과 다른 모든 프레임 사이의 델타 시간을 보여준다. 두 번째 열은 각 프레임과 그 이전 프레임 사이의 델타 시간을 보여준다. 다른 측정을 하려면, **Again** (side)를 누른다. 목록을 이동하면, 위치 프레임은 이동 막대 위치를 추적할 것이다.

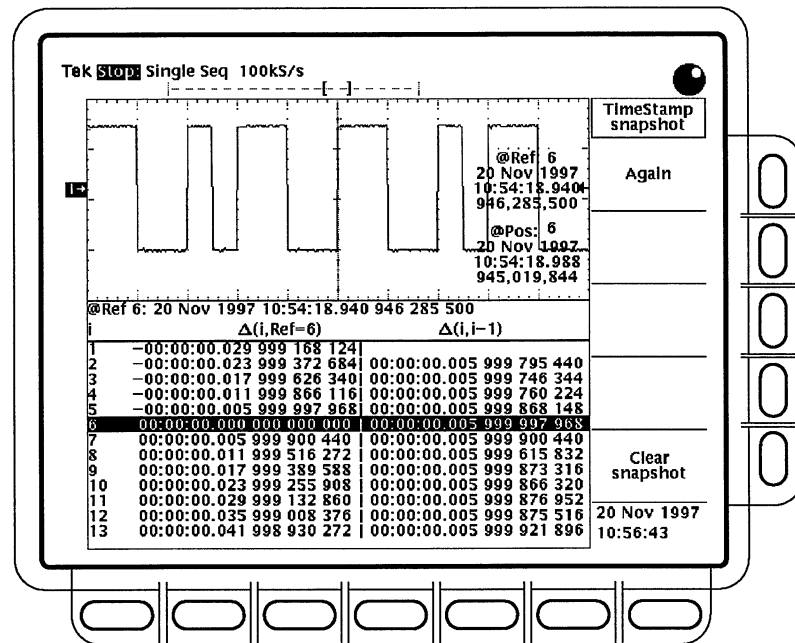


그림 3-34: 수평 메뉴 - FastFrame 스냅샷

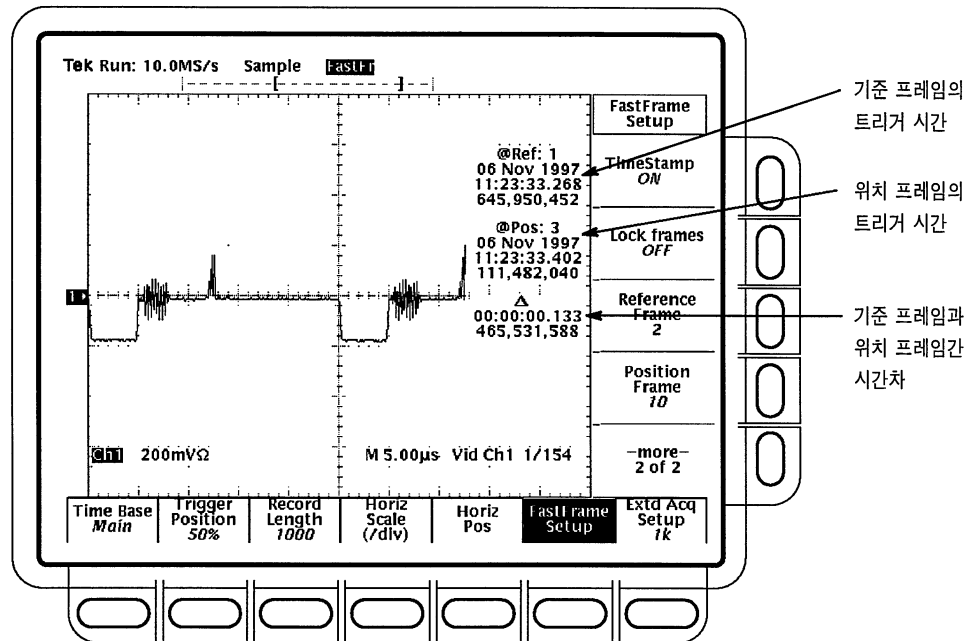


그림 3-35: FastFrame 시간 소인

Fast Frame 작동 특성

FastFrame 을 사용할 때는 다음 특성을 잘 알아둔다.

- Envelope, Average, Hi Res는 사슬처럼 연결된 레코드의 마지막 프레임 후의 엔벨로프, 애버리지를 형성한다. 예를 들어 Average나 Hi Res 획득 모드를 선택하고 프레임 카운트를 10으로 하면 1부터 10까지 세그먼트로 Sample이나 Hi Res 프레임이 나타난다. 프레임 11은 프레임 1에서 10까지의 애버리지를 나타낸다. 프레임을 추가할 공간이 없으면 그 프레임의 엔벨로프나 애버리지가 마지막 획득된 프레임 화면을 지우고 표시된다. 애버리지와 엔벨로프 카운트는 FastFrame에서는 적용되지 않는다.
- RUN/STOP을 눌러 FastFrame 배열을 종료할 수 있다. 프레임이 획득되면 화면에 표시된다. 획득된 프레임이 없으면 이전 FastFrame 파형이 표시된다.
- FastFrame 파형에는 트리거가 많이 있기 때문에 선택한 채널, 기준 파형, 연산 파형이 FastFrame 파형이면 파형과 레코드 보기 둘 다에서 트리거 위치 표시가 없어진다.
- Equivalent Time에서 오실로스코프는 FastFrame 모드를 무시한다.

- FastFrame에는 획득, 처리, 디스플레이라는 작동 주기에 처리 시간이 추가로 들어가기 때문에 Single Sequenc Acquisition 을 사용하는 것이 좋다 (Acquire 메뉴, Stop After 메뉴 참고). Single Sequence 를 선택하면 현재 획득 순서를 볼 수 있다. 그렇지 않으면 한 순서 늦게 현재 순서가 표시된다. RUN/STOP 단추를 눌러 획득을 정지시킨 다음 현재 순서를 볼 수도 있다.
- TimeStamp 는 측정 판독값을 사용하므로 FastFrame TimeStamp 를 켜면 측정이 꺼지고 FastFrame TimeStamp 를 끄면 측정이 켜진다.

파형 트리거링

TDS 오실로스코프를 사용하여 파형을 측정하고 관찰하려면 그 파형들을 안정되게 트리거하여 표시하는 방법을 알아야 한다. 이 단원에서는 다음 항목들을 설명한다.

- “트리거 개념”에서는 트리거링의 기본 원리를 자세하게 설명하고 트리거링 요소(형식, 소스, 커플링, 중지, 모드 등)를 설명한다.
- “프론트 패널에서 트리거링”에서는 프론트 패널 트리거링 조절 장치들을 사용하는 방법을 설명한다. 이들 조절 장치는 오실로스코프가 제공하는 대부분의 트리거 형식에 적용된다.

이러한 기본 설명이 끝나면, 트리거 주 시스템이 제공하는 각종 트리거 형식(edge, logic, pulse)을 사용하여 트리거하는 방법을 설명한다.

- “범용” 트리거 형식, 즉 에지를 사용하려면, 3-82 쪽의 “파형 트리거링”을 참고한다.
- 입력 패턴, 상태, 또는 setup/hold violation을 기초로 트리거를 로직하려면, 3-86 쪽의 “로직 트리거링”을 참고한다.
- 각종 펄스 타입 (글리치, 런트) 또는 그 매개 변수 (폭, 슬로울)를 기준으로한 펄스 트리거를 하려면 3-99 쪽의 “펄스 트리거링”을 참고한다.
- 통신 신호에 트리거하려면 (TDS 500D 와 TDS 700D 옵션 2C 모델만 해당), 3-113 쪽 “통신 트리거링”을 참고한다.

이 단원의 마지막 부분에는 지연 시간측과 지연 트리거 시스템을 사용하여 트리거 동작에 비례하여 파형 획득을 지연시키는 방법을 자세하게 설명한다.(3-117쪽의 “지연 트리거링” 참고)

트리거링 개념

트리거는 오실로스코프가 획득을 중지하고 파형을 나타내는 시기를 결정한다. 트리거는 혼란스럽거나 빈 화면에서 의미를 가지는 파형을 만들어 낸다(그림 3-36 참고). 오실로스코프에는 5가지(edge, logic, pulse, Option 2 comm, 그리고 Option 5 video) 형식의 트리거가 있다.

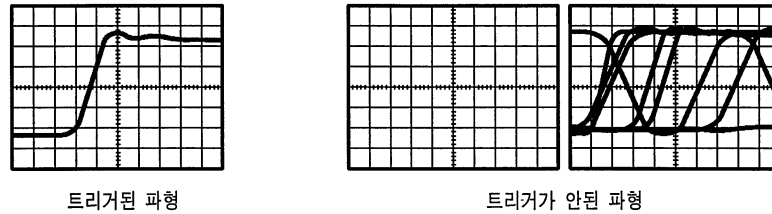


그림 3-36 트리거된 파형과 트리거가 안된 파형

트리거 이벤트

트리거 이벤트는 파형 레코드에 time-zero 포인트를 설정한다. 레코드 안에 있는 모든 포인트들은 시간적으로 위치되어 있다. 오실로스코프는 파형 레코드의 사전 트리거 부분(즉, 화면 트리거링 이벤트 전에 표시되었던 부분이나 왼쪽의 파형 부분)을 채우기 위해 샘플 포인트들을 계속 획득하고 보유한다. 트리거 이벤트가 일어나면, 오실로스코프는 샘플들을 획득하기 시작하고 파형 레코드의 사전 트리거 부분(트리거 이벤트 후 화면이나 오른쪽 화면)을 구축한다. 트리거가 일단 인식되면, 디지털 오실로스코프는 획득을 완료할 때까지 트리거를 더 이상 받아들이지 않는다.

트리거 소스

다음과 같은 소스로부터 트리거를 유도할 수 있다.

입력 채널(Input channels)은 가장 보편적으로 사용되는 트리거 소스로서 4개 입력 채널 중에 하나를 선택할 수 있다. 트리거 소스로 선택된 채널은 디스플레이 여하에 관계없이 작동한다.

AC ~

AC 라인 전압(AC Line Voltage)은 사용자가 전원 주파수와 관련된 신호들을 볼 때 가장 많이 사용된다. 그 예로는 조명 장치와 전력 공급 장치들이 있다. 오실로스코프는 트리거를 일으키므로 트리거를 만들기 위해 신호를 입력할 필요가 없다.

보조 트리거(Auxiliary Trigger)는 디지털 설계나 수리에서 가장 자주 사용되는 트리거 소스이다. 예를 들어, 외부 클록이나 회로의 다른 부분에서 나오는 신호로 트리거를 할 경우, 보조 트리거를 사용하려면 외부 트리거링 신호를 오실로스코프 후면 패널의 Auxiliary Trigger 입력 커넥터에 연결한다.

트리거 형식

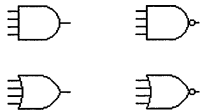
디지털 오실로스코프는 트리거 기본 시스템에 세 가지(edge, pulse, logic) 표준 트리거를 제공한다. Option 05는 비디오 트리거를 제공한다. 표준 트리거들은 3-82쪽에서 각각 설명한다. 각 형식을 간단히 정의하면 다음과 같다.



*Edge*는 “기본” 트리거이다. 아날로그와 디지털 테스트 회로에서 모두 사용할 수 있다. Edge 트리거 이벤트는 트리거 소스(트리거 회로가 관측하는 신호)가 특정 방향(트리거 경사)으로 특정 전압 수준을 통과할 때 발생한다.



*Pulse*는 디지털 회로 상에서 주로 사용하는 특수 목적의 트리거이다. 펄스 트리거는 glitch, runt, width, slew rate 그리고 timeout 등 6 개로 분류된다. 펄스 트리거링은 주 트리거에서만 사용할 수 있다.



*Logic*은 디지털 로직 회로에서 주로 사용하는 특수 목적의 트리거이다. pattern과 state의 두 가지로 분류하는데 트리거 소스로 선택한 불(Boolean) 논리 연산에 의하여 트리거된다. 불 논리 조건이 맞으면 트리거링이 발생한다. 3번째 분류인 setup/hold는 사용자가 다른 트리거 소스 안의 클럭에 비례하여 지정한 설정과 중지 시간 내에서 한 개의 트리거 소스의 데이터 상태가 변하면 트리거된다. Logic 트리거는 트리거 기본 시스템에서만 사용할 수 있다.



Comm(옵션 2C로 사용 가능)은 통신 신호에서 사용하는 특수 트리거이다. 3-113 쪽 표 3-9과 3-10에 지원된 코드, 표준, 펄스 형식이 목록으로 나와 있다.



Video(옵션 05로 사용 가능)는 비디오 회로에서 사용하는 특수 트리거이다. 이 트리거는 비디오 신호가 수평 또는 수직 동기 펄스를 발생할 때 이벤트 탐지에 도움이 된다. 비디오 트리거가 지원하는 분류들은 NTSC, PAL, SECAM 그리고 고화질 TV 신호들이 있다.

트리거 모드

트리거 모드는 트리거 이벤트가 없을 때 오실로스코프 작동을 결정한다. normal과 automatic 두 개의 트리거 모드가 있다.

Normal 트리거 모드는 트리거가 발생할 때 오실로스코프가 파형만을 획득할 수 있도록 한다. 트리거가 없으면, 오실로스코프 파형을 획득하지 않는다.(FORCE TRIGGER를 눌러서 강제로 단일 획득을 실행할 수 있다.)

Automatic 트리거 모드(자동 모드)에서는 트리거가 없어도 파형을 획득할 수 있다. 자동 모드는 트리거 이벤트가 발생한 후에 타이머를 사용한다. 타이머가 끝나기 전에 또 다른 트리거 이벤트가 탐지되지 않으면, 오실로스코프는 강제로 트리거를 한다. 트리거 이벤트를 기다리는 시간을 시간축 설정에 따라 다르다.

자동 모드에서는 트리거링 없이 강제 트리거되는 경우 표시된 파형과 동기화가 되지 않는다는 점을 유의한다. 다시 말하면, 파형에서 동일한 포인트에서 연속 획득이 트리거되지 않는다. 따라서 그 파형은 화면에서 “굴러가는” 것처럼 보이게 된다. 물론 유효한 트리거가 발생하면 화면이 안정적으로 나타난다.

자동 모드에서는 트리거가 없을 때 강제로 트리거를 하기 때문에, 진폭 수준만 관찰하면서 신호를 관찰하는 데 적합하다. 동기화가 되지 않은 파형이 “굴러가는” 것처럼 나타나지만, 정상 트리거 모드에서처럼 정지되지는 않는다. 예를 들어 전원 출력 감시에 사용할 수 있다.

트리거 중지

오실로스코프가 트리거 동작을 인식하면, 획득이 완료될 때까지 트리거 시스템을 비활성화시킨다. 또한, 각 획득 후 중지 시간 동안 트리거 시스템은 비활성화된 상태로 남아 있다. 중지 시간을 설정하여 안정적으로 디스플레이할 수 있다.

예를 들어, 트리거 신호는 트리거 포인트를 여러 개 가지고 있는 복잡한 파형일 수도 있다. 이 때, 파형은 반복적이지만 간단한 트리거로도 다양한 패턴들을 만들 수 있다.

디지털 펄스열은 복잡한 파형의 좋은 예이다(그림 3-37 참고). 펄스는 모두 비슷하게 보이기 때문에 수많은 트리거 포인트들이 존재한다. 이 포인트들이 모두 똑같이 나타나지는 않는다. 중지 시간은 오실로스코프가 정확한 에지에서 트리거할 수 있도록 하기 때문에 안정적으로 디스플레이할 수 있다.

Holdoff는 250ns 부터 12 초(사용 가능한 최대 중지 시간)까지 설정할 수 있다. 중지 시간을 설정하는 방법은 3-85 쪽 “모드와 중지 설정”을 참고한다.

기본 중지 시간을 설정할 수 있다. 기본 중지는 대부분의 트리거 신호에 “범용” 중지이며 수평 배율에 따라 달라진다. 기본 중지는 현재 time/division 설정의 5 눈금배가 된다.

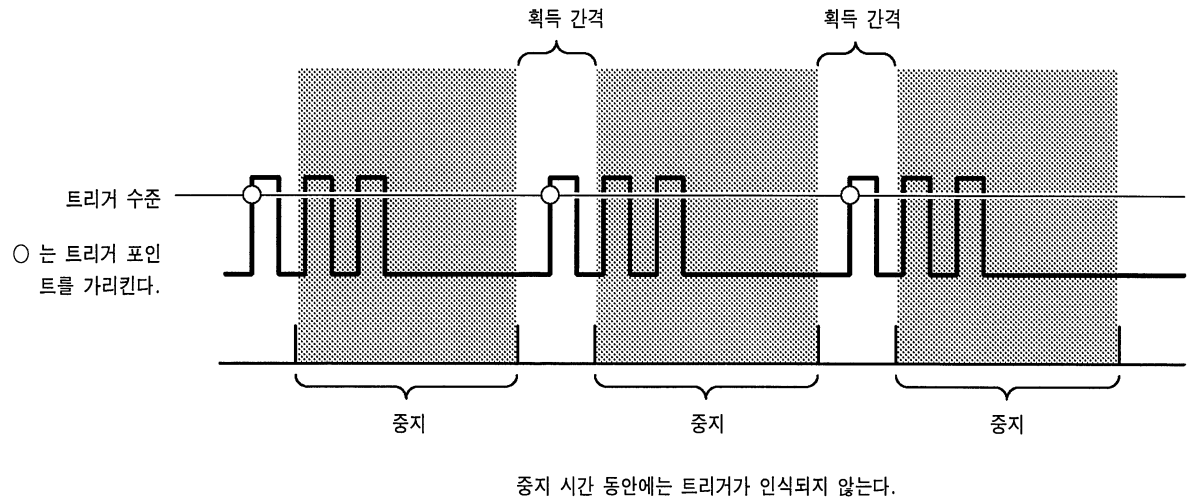


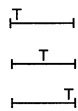
그림 3-37 트리거 중지 시간은 유효한 트리거링을 만든다.

트리거 커플링

트리거 커플링은 신호의 어느 부분이 트리거 회로를 통과할 것인지 결정한다. 에지 트리거링을 제외한 모든 트리거 형식은 DC 커플링만 사용하고 에지 커플링은 사용가능한 커플링 형식, AC, DC, Low Frequency Rejection, High Frequency Rejection, Noise Rejection 을 모두 사용한다. 각 커플링 모드에 대한 설명은 3-84 쪽 “커플링 지정”을 참고한다.

트리거 위치

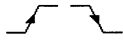
트리거 위치를 조절할 수 있으므로 트리거를 일으킬 파형 레코드 위치를 지정할 수 있어서 레코드 안의 데이터를 적절하게 정렬하고 측정할 수 있다. 트리거 이전에 발생한 레코드 부분은 사전 트리거 부분이다. 트리거 이후에 발생한 레코드 부분은 사후 트리거 부분이다.



트리거 위치 설정에 따라 어떻게 표시되는지 볼 수 있도록 화면 위쪽에 파형 레코드에서 트리거가 발생한 부분을 가리키는 아이콘이 있다. Horizontal 메뉴에서 사전트리거 정보를 보유했 파형 레코드의 양을 백분율로 선택한다.

사전 트리거 정보를 표시하는 것은 문제점을 찾고 해결할 때 중요하다. 예를 들어 테스트 회로에 원하지 않는 글리치를 일으키는 원인을 찾으려고 할 때 사전 트리거가 글리치에 트리거하여 글리치 이전의 데이터를 포착할 수 있도록 사전 트리거 기간을 크게 만든다. 이렇게 하면 글리치 이전의 데이터를 분석하여 소스에서 단서를 찾아낼 수 있다.

기울기와 수준



기울기 조절은 오실로스코프가 트리거 포인트를 신호의 상승 에지에서 찾을지 또는 하강 에지에서 찾을지를 결정하는 것이다(그림 3-38 참고).

트리거 기울기를 설정하려면 **Main Trigger** 메뉴에서 먼저 **Slope**를 선택한 다음 사이드 메뉴에서 상승 또는 하강 슬로프 아이콘을 선택한다.

수준 조절은 에지에서 트리거 포인트가 발생하는 지점을 결정한다(그림 3-38 참고). 이 오실로스코프에서는 트리거 **MAIN LEVEL** 노브로 주 트리거 수준을 설정할 수 있다.

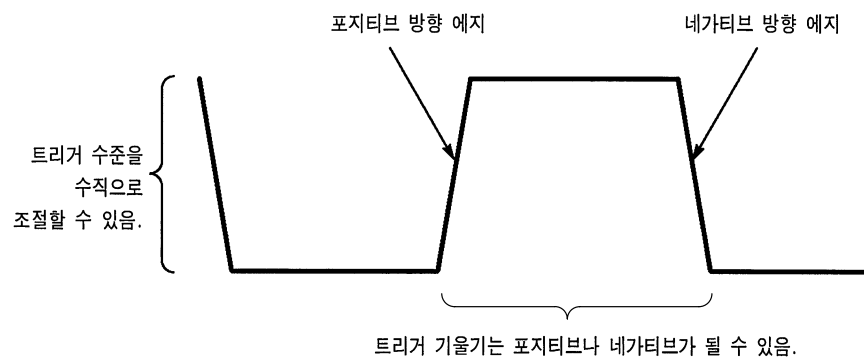


그림 3-38 기울기와 수준 조절로 트리거를 쉽게 정의할 수 있다.

자연 트리거 시스템

오실로스코프에는 또한 에지 트리거(no pulse 또는 logic trigger)를 제공하는 자연 트리거 시스템이 있다. 자연 시간축을 사용하면 기본 트리거 이벤트 후의 획득을 사용자가 지정하는 시간 동안 또는 자연 트리거 이벤트의 수 만큼(또는 둘 다 동시에)자연시킬 수 있다. 자연 트리거링 사용법에 대해서는 3-117 쪽 “자연된 트리거링”을 참고한다.

프론트 패널에서 트리거링

트리거 단추와 노브로 트리거 수준을 신속하게 조절하거나 강제로 트리거를 발생시킬 수 있다(그림 3-39 참고). 트리거 판독값과 상태 화면을 보면 트리거 시스템의 상태를 즉시 알 수 있다. 별도로 표시하지 않으면 모든 트리거 형식에서 다음 트리거 제어와 판독값을 사용한다.

MAIN LEVEL을 설정하는 방법

에지 트리거링에서 트리거 수준을(또는,로직 또는 펄스 트리거링의 경우 특정 임계 수준을) 수동으로 바꾸려면, **MAIN LEVEL** 노브를 돌린다. 표시된 메뉴에 관계없이 트리거 수준(또는 임계 수준)을 즉시 조절할 수 있다.

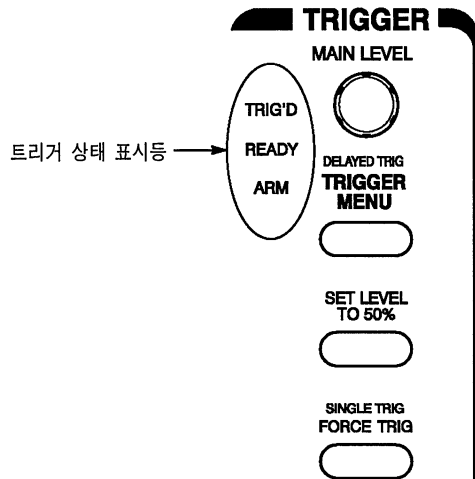


그림 3-39 TRIGGER 제어와 상태 표시등

50%로 설정하는 방법

에지 트리거나 글리치 또는 폭 펄스 트리거를 빨리 얻으려면, **SET LEVEL TO 50%**를 누른다. 오실로스코프는 트리거 신호의 피크와 피크 사이의 중간 지점 정도에 트리거 수준을 설정한다. 트리거 형식이 logic이나 video일 경우에는 Set Level to 50%는 적용되지 않는다.

에지 트리거나 글리치 또는 폭 펄스 트리거를 선택한 경우에는, 주 메뉴의 Trigger 메뉴에서도 수준을 50%로 설정할 수 있다.

MAIN LEVEL 노브와 메뉴 항목들은 주 트리거 수준에만 적용된다는 점을 알아둔다. 지연된 트리거 수준을 변경하려면, Delayed Trigger 메뉴에서 Level을 사용한다.

강제 트리거 방법

트리거 동작이 없는 상태에서 파형 레코드 획득을 강제로 즉시 실행하려면, **FORCE TRIG** 프론트 패널 단추를 누른다.

정상 트리거 모드나 입력 신호가 유효한 트리거를 제공하지 못할 때 강제 트리거를 사용하면 좋다. **FORCE TRIG**를 누르면 획득할 신호가 있는지 즉시 확인할 수 있다. 일단 확인이 되면, 트리거 방법을 결정할 수 있다(**SET LEVEL TO 50%**를 누르거나 트리거 소스 설정 확인 등).

사전 트리거의 끝부분이 중지되기 전에 **FORCE TRIG**를 눌러도 오실로스코프가 탐지하여 동작을 실행한다. 그러나, 획득 시스템이 정지된 상태에서는 이 단추가 작동하지 않는다.

단일 트리거 방법

그 다음 유효한 트리거 이벤트를 트리거한 다음 정지시키려면, **SHIFT FORCE TRIG**를 누른다. 단일 순서 획득을 시작할 때마다 **RUN/STOP** 단추를 누른다.

SINGLE TRIG 모드를 끝내려면, **SHIFT ACQUIRE MENU → Stop After(main) → RUN/STOP Button Only(side)**를 누른다.

단일 순서 획득에 관한 자세한 설명은 3-37 쪽 “Stop After”를 참고한다.

(단일 순서 트리거링은 DPO 모드에서는 사용할 수 없다. 3-66쪽의 “비호환 모드”를 참고한다.

트리거 상태를 확인하는 방법

트리거링 회로의 상태와 설정을 확인하려면, 트리거 상태 표시등, 판독값, 화면을 사용한다.

트리거 상태 표시등 트리거 상태를 즉시 확인하려면 Trigger 조절기에 있는 3 개의 (**TRIG'D, READY, ARM**) 상태 표시등을 확인한다 (그림 3-39 참고).

- **TRIG'D**가 켜지면, 오실로스코프가 유효한 트리거를 인식하고 파형의 사후 트리거 부분을 채우고 있다는 표시이다.
- **READY**가 켜지면, 오실로스코프는 유효한 트리거 이벤트를 수용할 준비가 되어 있으며, 그러한 이벤트를 기다리고 있다는 표시이다.
- **ARM**이 켜지면, 트리거 회로는 파형 레코드의 사전트리거 부분을 채우고 있다는 표시이다.
- **TRIG'D**와 **READY**가 모두 켜지면, 오실로스코프는 유효한 주 트리거를 인식하고 지연된 트리거를 기다리고 있다는 표시이다. 오실로스코프가 지연된 트리거를 인식하면 지연된 파형의 사후 트리거 부분을 채운다.
- **ARM, TRIG'D, READY**가 모두 꺼지면, 디지털라이저가 정지된 것이다.
- **ARM, TRIG'D, READY**가 모두 켜지면 (TDS 500D와 TDS 700D 모델에만 해당), **FastFrame** 모드가 작동 중이다. 이 때는 트리거 상태 감시가 진행되지 않는다.

트리거 판독값 주요 트리거 매개 변수의 설정을 즉시 알려면 화면 아래에 있는 Trigger 판독값을 확인한다(그림 3-40 참고). 판독값은 트리거 형식이 edge, logic, pulse 인가에 따라 다르다.

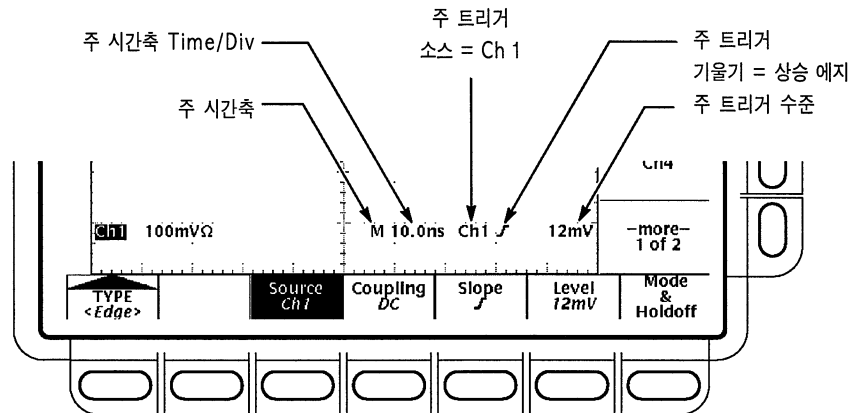


그림 3-40 트리거 판독값의 예 - 에지 트리거 선택

레코드 보기 파형 레코드 안에서 디스플레이를 기준으로 트리거 포인트의 위치를 알아보려면, 화면 맨 위에 있는 레코드 보기를 선택한다(그림 3-41 참고).

트리거 위치와 수준 표시기 파형에서 트리거 포인트와 수준을 보려면 그림 표시기 Trigger Position 과 Trigger Bar 를 확인한다. 그림 3-41 에서 트리거 포인트 표시기와 트리거 수준 막대를 볼 수 있다.

트리거 포인트 표시기와 수준 막대는 둘 다 Display 메뉴에서 선택할 수 있다. 자세한 내용은 3-42 쪽 “디스플레이 판독값 옵션 설정”을 참고한다.

트리거 포인트 표시기는 위치를 나타내는데, 파형 레코드 길이가 너무 길게 설정되어 있으면 화면 밖으로 밀려나 보이지 않을 수도 있다. 트리거 수준 막대는 트리거 수준만 나타내며 수평 위치에 관계없이 트리거 소스 채널이 표시되어 있는 동안은 항상 화면에 나타난다.

트리거 상태 화면 기본 트리거 시스템과 지연 트리거 시스템의 설정에 대해 좀 더 전체적인 상태를 보려면 **SHIFT STATUS→STATUS(main)→Trigger(side)**를 누른다.

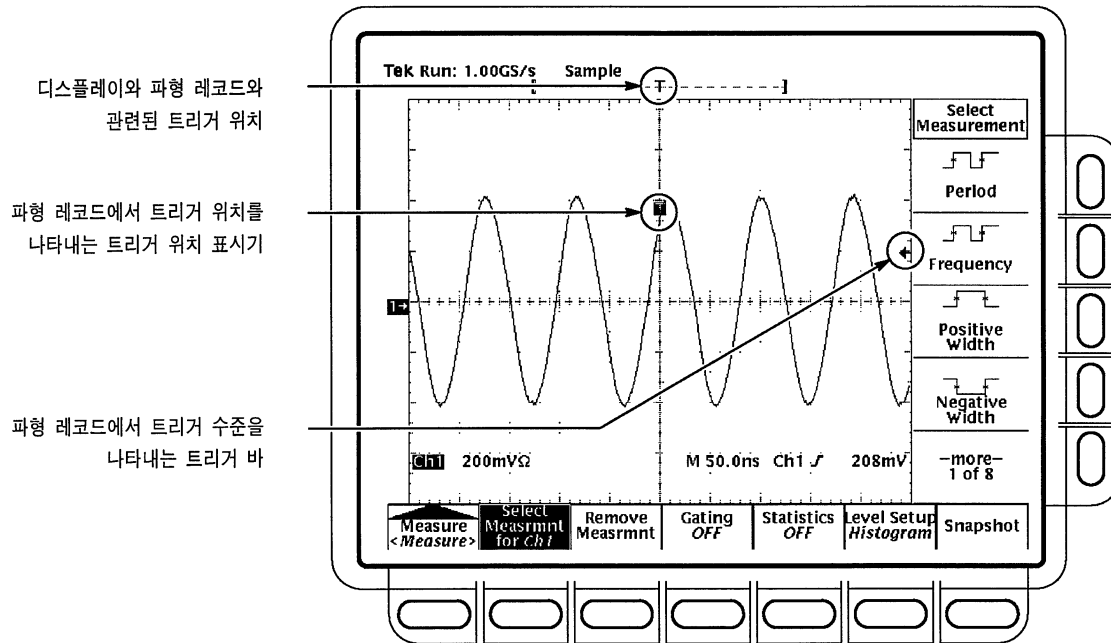


그림 3-41 레코드 보기, 트리거 위치, 트리거 수준 막대 판독

트리거 메뉴

각 트리거 형식(에지,로직,펄스)마다 주 트리거 메뉴가 있다. 트리거 형식을 선택하려면 **TRIGGER MENU**→**Type(main)**→**Edge, Logic, Pulse(pop-up)** 중 하나를 누른다.

파형 에지에 트리거링

TDS 오실로스코프는 파형의 에지에 트리거한다. 에지 트리거 이벤트는 트리거 소스가 특정 방향으로 특정 수준의 전압을 통과하면 일어난다. 대부분의 측정에 이 에지 트리거를 사용하게 된다. 이 단원에서는 에지 트리거링 방법,에지 형식,소스,커플링,기울기, 수준을 선택하는 법을 설명한다. 또한 모든 트리거 형식에서 트리거 모드 즉,자동 및 정상 모드를 선택하는 법을 설명한다.

에지 트리거 상태를 확인하는 방법

에지 트리거가 선택되었는지 즉시 확인하려면 **Trigger** 판독값을 확인한다. 에지 트리거가 선택되면 트리거 소스,트리거 기울기,수준이 트리거 판독값에 표시된다(그림 3-42 참고).

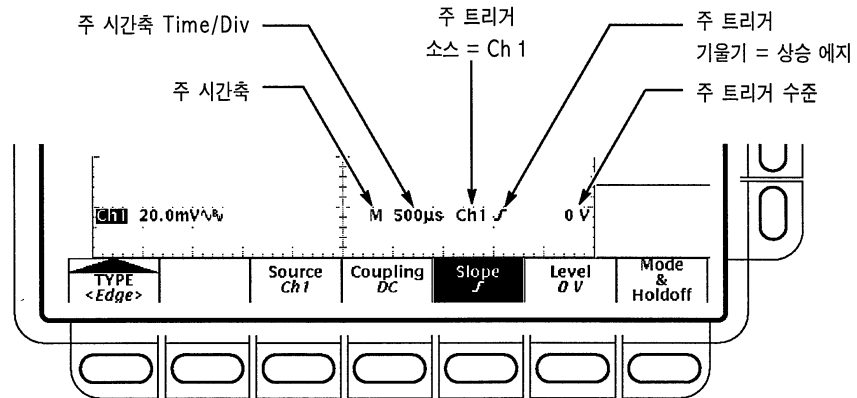


그림 3-42 에지 트리거 판독값

에지 트리거링을 선택하는 방법

에지 트리거 메뉴를 사용하여 에지 트리거링을 선택하고 소스,커플링,기울기,트리거 수준,모드,중지 절차를 실행한다.

Edge Trigger 메뉴를 불러 오려면, **TRIGGER MENU** → **Type(main)** → **Edge(pop-up)** 를 누른다 (그림 3-43 참고).

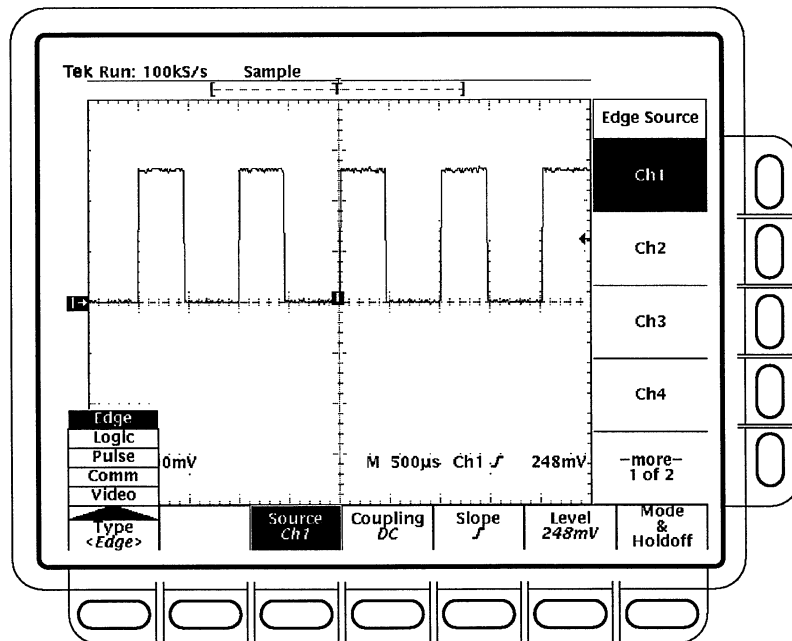


그림 3-43 Main Trigger 메뉴-Edge 형식

소스를 선택하는 방법

트리거의 소스를 선택하려면,

TRIGGER MENU → Type(main) → Edge(pop-up) → Source(main) → Ch1, Ch2, Ch3, Ch4, AC Line, 또는 DC Aux(side) 를 누른다.

커플링을 지정하는 방법

커플링을 선택하려면, **TRIGGER MENU → Type(main) → Edge(pop-up) → Coupling(main) → DC, AC, HF Rej, LF Rej, 또는 Noise Rej(side)** 를 누른다.

DC

DC 는 모든 입력 신호를 통과시킨다. 다시 말해서, DC 는 AC 와 DC 컴포넌트를 모두 트리거 회로로 통과시킨다.

AC ~

AC 는 입력 신호에서 교류 컴포넌트들만 통과시키며 트리거 신호에서 DC 컴포넌트를 제거한다.



HF Rej 는 트리거링 신호의 고주파 부분을 제거한다. 따라서, 저주파 컴포넌트들만 트리거링 시스템으로 통과하여 획득을 시작한다. 고주파를 제거하기 때문에 30kHz 이상의 신호는 감쇠시킨다.



LF Rej 는 트리거링 신호의 저주파 부분을 제거하기 때문에 80kHz 이하의 신호를 감쇠시킨다.



Noise Rej 는 민감도가 더 낮다. Noise Rej 는 안정된 트리거링을 위해서 더 넓은 신호 진폭을 요구하기 때문에 노이즈 트리거링을 감소시킨다.

주 트리거 소스로 *Line* 을 선택하면, 오실로스코프는 AC 커플링을 사용하여 AC 라인 전압 샘플을 트리거 회로로 연결한다. *Line* 에 있을 때 트리거 커플링을 AC 이외에 다르게 설정할 수 있지만 다른 소스(*Ch 1* 에서 *Ch 4* 중의 하나)를 선택할 때까지 이 설정을 무시한다.

마찬가지로, 트리거 소스로 *DC Aux* (후면 패널) 를 선택하면, 오실로스코프는 DC 커플링을 사용하여 보조 신호를 트리거 회로로 연결한다. *DC Aux* 에 있을 때 트리거 커플링을 DC 이외에 다르게 설정할 수 있지만 *Ch 1* 에서 *Ch 4* 중 하나를 선택할 때까지 이 설정을 무시한다.

Mode&Holdoff 설정 방법

이 메뉴를 사용하여 중지 시간을 변경하고 트리거 모드를 선택할 수 있다. 3-75쪽의 “트리거 모드”와 “트리거 중지”를 참고한다. Mode&Holdoff를 설정하려면 다음 절차대로 한다.

1. **TRIGGER MENU → Mode & Holdoff(main) → Auto** 또는 **Normal(side)**를 누른다. 이 모드들은 다음과 같이 작동한다.

■ **AUTO** 모드에서는 트리거가 발생하지 않아도 일정 시간이 지나면 오실로스코프가 파형을 획득한다. 오실로스코프가 대기하는 시간은 시간축 설정에 따라 달라진다.

■ **Normal** 모드에서는 유효한 트리거가 있을 경우에만 파형을 획득한다.

2. 지연 시간을 변경하려면 **Holdoff(side)**를 누른다. 범용 노브나 키패드로 원하는 시간을 입력한다.

범용 노브로 높은 숫자를 입력하려면 **SHIFT** 단추를 누른다. **SHIFT** 단추 위의 등이 켜지고 화면 위 오른쪽 코너에 **Coarse Knobs**가 나타나면 범용 노브가 훨씬 빨라진다.

지연 시간은 250ns(최저)에서 12초(최대)까지 설정할 수 있다. (일반적인 최저 및 최대값에 대해서는 TDS 500D, TDS 600B, TDS 700D 오실로스코프 성능 확인과 명세 설명서에서 중지,가변,주 트리거 단원을 참고한다.)

3. 현재 수평 배율 설정에서 중지 시간을 공장 기본 설정으로 바꾸려면, **Default Holdoff(side)**를 누른다.

주 Default Holdoff에서는 기본 지연 시간은 수평 배율 설정에 따라 달라진다. 설정한 배율에서 가장 적절한 트리거링 수치로 조절된다. 그러나, Default Holdoff 대신에 Holdoff를 선택하면, Holdoff 메뉴에서 설정한 시간은 모든 수평 배율 설정에서 사용된다.

Slope 설정 방법

에지 트리거가 일어날 기울기를 선택하려면,

1. **TRIGGER MENU → Type(main) → Edge(pop-up) → Slope(main)**을 누른다.



수준 설정 방법

2. 사이드 메뉴에서 상승 에지나 하강 에지를 선택한다.

TRIGGER MENU→**Type(main)**→**Edge(pop-up)**→**Level(main)**→**Level, Set to TTL, Set to ECL**, 또는 **Set to 50%(side)**를 누른다.

Level에서는 범용 노브나 키패드로 트리거 수준을 직접 입력할 수 있다.

Set to TTL은 트리거 수준을 +1.4에 고정시킨다.

Set to ECL은 트리거 수준을 -1.3V에 고정시킨다.

주 volts/div를 200mV보다 낮게 설정하면, **Set to TTL** 또는 **Set to ECL** 트리거 수준이 표준 **TTL**과 **ECL** 수준 이하로 감소된다. 이것은 트리거 수준 범위가 중앙에서 12 divisions로 고정되었기 때문이다. 100mV에서(200mV 다음으로 적은 설정), 트리거 범위는 1.2V이다. 이 수치는 대표적인 **TTL(+1.4V)** 및 **ECL(-1.3V)** 수준보다 적다.

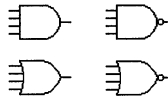
Set to 50%는 트리거 수준을 트리거 소스 신호의 peak-to-peak 값의 약 50%에서 고정시킨다.

로직 트리거링

TDS 오실로스코프는 로직 또는 이진 패턴 그리고 클록이 된 당시의 로직 패턴에 트리거할 수 있다. 또, 클록에 비례하여 설정과 중지 시간에 위반되는 데이터에서도 트리거할 수 있다. 이 단원에서는 이 세 가지 종류의 로직 트리거링 (*pattern, state, setup/hold*)을 사용하는 방법을 설명한다.

pattern 트리거는 로직이 선택한 로직 함수에 입력되어 함수가 TRUE(또는 옵션에 따라 FALSE)가 될 때 발생한다. Pattern 트리거를 사용할 때 다음을 정의한다.

- 각 로직 입력의 전제조건 — logic high, low 또는 관계없음(do not care)(로직 입력은 채널 1, 2, 3, 4이다.)



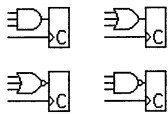
- 불 논리 함수 — AND,NAND,OR,NOR 중에서 선택

- 트리거링 조건 — 불 논리 함수가 TRUE(logic high)가 될 때 트리거링이 발생할지 또는 FALSE(logic low)가 될 때 발생할지 그리고 TRUE 조건이 시간으로 한정될 것인지 여부

state 트리거는 로직이 로직 함수에 입력되어 클록 입력이 *state*를 바꾸는 당시에 함수가 TRUE(또는 옵션에 따라 FALSE)가 될 때 발생한다. *state* 트리거를 사용할 때는 다음을 정의한다.

- 각 로직 입력,채널 1,2,3의 전제 조건

- 클록 입력,채널 4의 *state* 변경 방향



- 불 논리 기능 — 클록이 된 AND,NAND,OR,NOR 중에서 선택

- 트리거링 조건 — 불 논리 함수가 TRUE(logic high)가 될 때 트리거링이 발생할지 또는 FALSE(logic low)가 될 때 발생할지 여부

setup/hold 트리거는 로직 입력이 클록에 기준하여 설정과 중지 시간 안에 상태를 바꿀 때 발생한다. *setup/hold* 트리거링을 사용할 때는 다음을 정의한다.

- 로직 입력(데이터 소스)을 가지고 있는 채널과 클록(클록 소스)을 가지고 있는 채널

- 클록 에지 사용 방향

- 오실로스코프가 클록 또는 데이터 이동의 여부를 결정하는 데 사용하는 클록킹 레벨과 데이터 레벨

- 클록에 기준하여 시간 범위를 정의하는 설정과 정지 시간

패턴과 상태 분류

패턴과 상태 트리거는 불 논리 함수들을 로직 입력에 적용한다. 표 3-7은 이 4가지 로직 기능을 정의한 것이다.

패턴 트리거링의 경우 오실로스코프는 트리거 중지가 끝날 때까지 기다린 다음 모든 채널들의 입력들을 샘플링한다. 다음,표 3-7에서 정의된 조건들이 충족되면 트리거한다. (Goes TRUE 또는 Goes FALSE는 반드시 **Trigger When** 메뉴에서 설정해야 한다. 그 메뉴 안의 다른 설정은 3-93 쪽의 “시간 한정된 패턴 트리거 정의 방법”을 참고한다.)

상태 트리거링의 경우 오실로스코프는 트리거 지연이 끝날 때까지 기다린 다음, 채널 4의 에지가 지정된 방향으로 이동할 때까지 기다린다. 이 때 오실로스코프는 다른 채널로부터 들어온 입력을 샘플하고 표 3-7에서 정의된 조건이 충족되면 트리거한다.

표 3-7 패턴과 상태 로직

Pattern	State	정의 ^{1,2}
 AND	 Clocked AND	로직 입력 ³ 에 대해 선택한 모든 전제 조건이 TRUE이면 트리거한다.
 NAND	 Clocked NAND	로직 입력 ³ 에 대해 선택한 전제 조건 중 TRUE가 아닌 것이 있으면 트리거한다.
 OR	 Clocked OR	로직 입력 ³ 에 대해 선택한 전제 조건 중 하나라도 TRUE이면 트리거한다.
 NOR	 Clocked NOR	로직 입력 ³ 에 대해 선택한 전제 조건이 모두 TRUE가 아니면 트리거한다.

¹ 상태 트리거에서는, 클록 입력이 상태를 바꾸는 그 시점에서 정의가 충족되어야 한다.

² 이 정의는 Trigger When 메뉴의 Goes TRUE 설정에 적용된다. 그 메뉴가 Goes False로 설정되면 패턴과 상태 양쪽 분류 모두에서 AND 정의가 NAND 정의로 바뀌고 OR 정의가 NOR 정의로 바뀐다.

³ 로직 입력은 패턴 로직 트리거를 사용할 때는 채널 1,2,3,4이다. 상태 로직 트리거의 경우는 채널 4가 클록 입력되고 나머지 채널들은 로직 입력으로 남아 있다.

Setup 과 Hold 클래스

Setup/hold 트리거링은 설정 시간과 지체 시간을 사용하여 클록에 비례하는 “setup/hold violation zone”을 정의한다. 이 구역 안에서 데이터의 상태가 바뀌면 오실로스코프를 트리거한다. 그림 3-44에서는 선택한 설정 및 지체 시간에 따라 클록과 비례하여 이 구역의 위치가 어떻게 달라지는지 볼 수 있다.

setup/hold 트리거링은 setup/hold violation zone을 사용하여 클록 시간에서 가까운 데이터가 불안정한 시간이 언제인지 탐지한다. 트리거 지연이 끝날 때마다 오실로스코프는 데이터와 클록 소스들을 관찰한다. 클록 에지가 발생하면 setup/hold violation zone 안에서 트랜지션이 발생하는지 확인하기 위하여 프로세싱 (데이터 소스로부터) 하고 있는 데이터열을 검사한다. 트랜지션이 있으면 오실로스코프는 클록 에지에 있는 트리거 포인트와 같이 트리거한다.

setup time과 hold time을 *Positive*로 설정 (가장 일반적) 하면 클록킹 에지에까지 미치도록 setup/hold violation zone의 위치가 조정된다 (그림 3-44의 맨 위의 파형을 참고). 오실로스코프는 클록 전에 오래동안 안정되지 못한 데이터를 탐지하고 트리거 (setup time violation)하거나, 클록 후에 오래동안 안정된 상태로 남아있지 못한 데이터 (hold time violation)를 탐지하고 트리거한다.

설정 시간과 지체 시간을 *Negative*로 설정하면 setup/hold violation zone이 변형되어 클록 에지의 전이나 후에 위치한다 (그림 3-44의 하단과 중앙 파형을 참고). 그러면, 오실로스코프는 클록 전이나 후에 발생하는 시간 범위 violation을 탐지하고 트리거한다.

주 지체 시간을 클록 기간의 반보다 최소한 2.5 ns 적게 유지해야 (지체 시간 $\leq (\text{기간}/2) - 2.5\text{ ns}$) 트리거된다. (이는 클록 사이클을 50%로 했을 때이다.)

로직 트리거 상태 확인

로직 트리거가 선택되었는지 즉시 확인하고 또 어떤 클래스인지를 보려면, Trigger 판독값을 확인한다. 로직 트리거들이 선택되면 트리거 판독값에는 Pattern, State 또는 StHld(Setup/Hold) 등의 선택된 로직 트리거 클래스가 나타난다 (그림 3-45 참고).

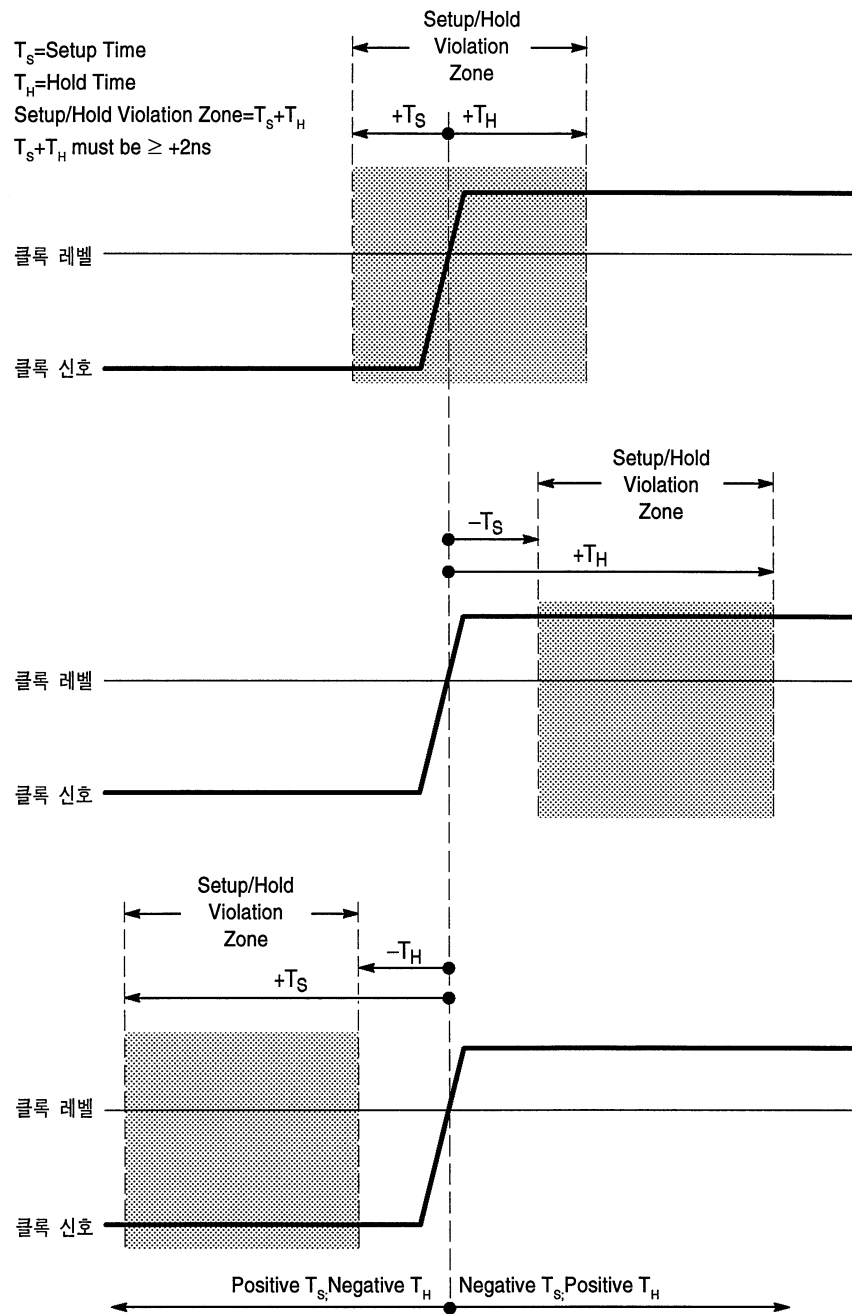


그림 3-44 Setup/Hold 트리거링의 Violation Zone

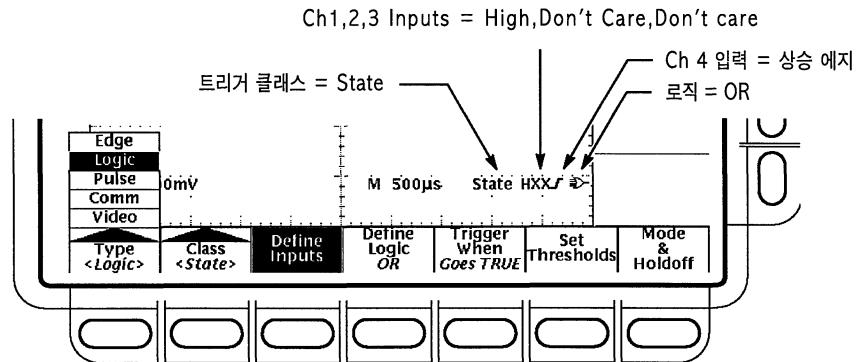


그림 3-45 로직 트리거 판독 - 상태 분류가 선택되어 있다.

주 트리거 형식을 *Logic*으로 선택하면,트리거 수준은 *Set Thresholds* 메뉴 (패턴과 상태 분류) 또는 *Levels(setup/hold class)*에서 각 채널별로 설정해야 한다. 따라서, *Trigger Level* 판독값은 화면에서 사라지고 *Main Trigger* 메뉴가 *Logic*으로 설정이 되어 있는 동안 *Trigger Level* 노브를 사용하여 선택한 수준을 설정할 수 있다.

패턴 트리거 방법

Pattern 로직 클래스를 선택하면,오실로스코프는 4개의 입력 채널의 지정된 로직 조합에서 트리거된다.(3-86에서 3-88쪽에 패턴 트리거의 작동 원리가 설명되어 있다.) 패턴 트리거링을 사용하려면,

Pattern Triggering 선택 **TRIGGER MENU**→**Type(main)**→**Logic(pop-up)**→**Class(main)**→**Pattern(pop-up)**을 누른다.

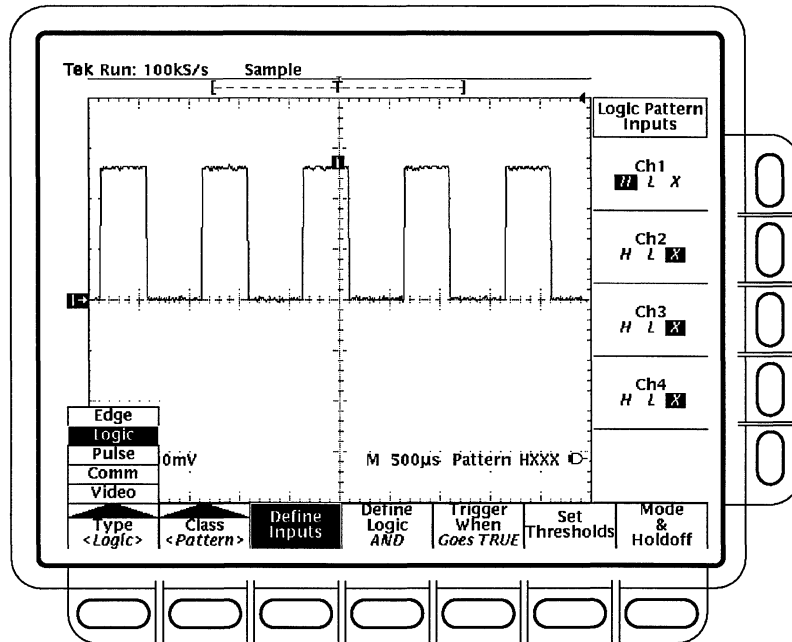


그림 3-46 Logic Trigger 메뉴

패턴 입력 정의 각 입력 채널 (Ch1,Ch2...)의 로직 상태를 설정하려면,

1. **TRIGGER MENU** → **Type(main)** → **Logic(pop-up)** → **Class(main)** → **Pattern(pop-up)** → **Define Inputs(main)** → **Ch 1, Ch 2, Ch 3, Ch 4(side)** 중 하나를 누른다.
2. 위 단계 1에서 선택한 각 입력을 반복하여 각 채널 별로 High(**H**), Low(**L**) 또는 Don't Care(**X**)를 선택한다(그림 3-46 참고).

임계값 설정 각 채널의 로직 임계값을 설정하려면,

1. **TRIGGER MENU** → **Type(main)** → **Logic(pop-up)** → **Class(main)** → **Pattern(pop-up)** → **Set Thresholds(main)** → **Ch 1, Ch 2, Ch 3, Ch 4(side)** 중 하나를 누른다.
2. **MAIN TRIGGER LEVEL** 노브, 범용 노브 또는 키패드로 각 임계값을 설정한다.

로직 정의 입력 채널에 적용할 로직 함수를 선택하려면 (패턴과 상태 트리거의 로직 함수에 대한 정의가 소개된 3-87 쪽을 참고한다.),

TRIGGER MENU → Type(main) → Logic(pop-up) → Class(main) → Pattern(pop-up) → Define Logic(main) → AND, OR, NAND, NOR(side) 중 하나를 누른다.

Trigger When 설정 로직 조건이 충족되었을 때(**Goes TRUE**) 또는 로직 조건이 충족되지 않았을 때 (**Goes FALSE**) 트리거를 하려면,

TRIGGER MENU → Type(main) → Logic(pop-up) → Class(main) → Pattern(pop-up) → Trigger When(main) → Goes TRUE 나 Goes FALSE(side)를 누른다.

패턴 트리거를 한정하려면 **TRUE for less than**과 **TRUE for greater than** 사이드 메뉴를 사용한다. 아래의 “시간 한정된 패턴 트리거”를 참고한다.

Mode와 Holdoff 설정 모든 표준 트리거 타입과 클래스들의 모드와 홀드오프를 설정할 수 있다. 모드와 홀드오프를 설정하려면 3-85 쪽의 “모드와 홀드오프 설정”을 참고한다. 트리거 모드와 트리거 홀드오프에 관한 더 자세한 설명은 3-75 쪽의 “트리거 모드와 트리거 홀드오프”를 참고한다.

시간 한정된 패턴 트리거를 정의하는 방법

사용자는 또한 패턴 로직 트리거를 시간으로 한정할 수 있다. 불 논리 (AND, NAND, OR, 또는 NOR)가 반드시 **TRUE(logic high)**가 되는 시간을 지정한다. 패턴 트리거의 시간 한정 종류 (지정한 시간보다 **greater** 또는 **less**)는 물론 시간 제한을 지정하려면,

1. **TRIGGER MENU → Type(main) → Logic(pop-up) → Class(main) → Pattern(pop-up) → Trigger When(main) → TRUE for less than** 또는 **TRUE for more than(side)**를 누른다.
2. 노브나 키패드로 사이드 메뉴에서 시간을 설정한다.

TRUE for less than을 선택하고 시간을 지정하면,지정한 입력 조건들은 logic function high(TRUE)를 지정한 시간보다 적은 시간 안에 드라이브해야 한다. 반대로,**TRUE for more than**을 선택하면 불 논리 기능이 지정한 시간보다 오래 **TRUE** 상태를 유지해야 한다.

그림 3-47에서 트리거 표시기 위치를 유의한다. 지정한 로직 함수가 지정한 시간 내에 TRUE로 가는 포인트에서 트리거링이 발생한다. 오실로스코프는 다음 방법으로 트리거 포인트를 파악한다.

- 로직 조건이 TRUE가 될 때까지 기다린다.
- 타이밍을 시작하고 로직 함수가 FALSE가 될 때까지 기다린다.
- TRUE 시간이 더 길거나(TRUE more than) 더 짧으면(TRUE for less than) 시간을 비교한 다음 로직 조건이 FALSE로 가는 시점에서 파형 디스플레이를 트리거한다. 이 시기는 일반적으로 TRUE for more than이나 TRUE for less than에 대한 시간 설정에 따라 다르다.

그림 3-47에서 수직 막대 커서의 지연 시간은 로직 함수가 TRUE인 시간이다. 이 시간은 TRUE for more than 메뉴 항목(150 μ s)에서 설정한 것보다 더 크기(216 μ s) 때문에 오실로스코프는 150 μ s 동안 TRUE이 시점이 아니라 로직 함수가 TRUE인 시점에서 트리거하게 된다.

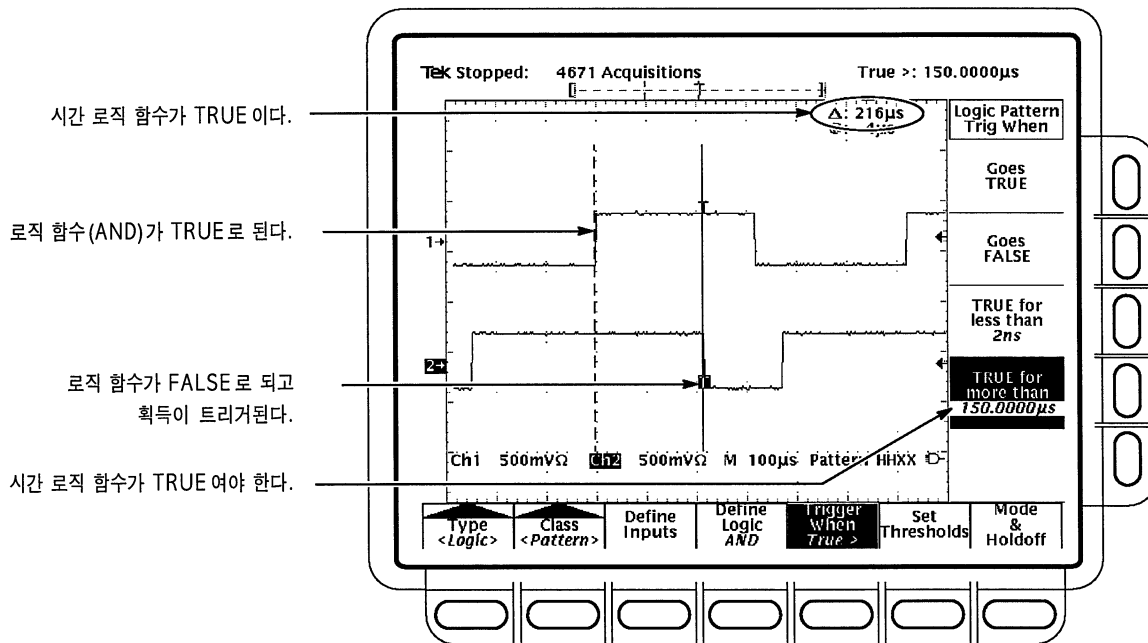


그림 3-47 Logic Trigger 메뉴 - 시간 한정된 TRUE

트리거 State 방법

State Logic Class를 선택하면, 오실로스코프는 채널 4를 클럭으로 사용하고 나머지 채널들로부터 만들어진 로직 회로에서 트리거한다.(3-86에서 3-88쪽은 state trigger들이 어떻게 작동하는가를 설명한다.) State 트리거링을 사용하려면, 다음과 같이 한다.

State Triggering 을 선택한다. **TRIGGER MENU → TYPE(main) → Logic(pop-up) → Class(main) → State(pop-up)** 를 누른다.

입력을 정의한다. 각 입력 채널 (Ch1, Ch2, ...)의 logic state를 설정하는 방법은,

1. **TRIGGER MENU → TYPE(main) → Logic(pop-up) → Class(main) → State(pop-up) → Define Inputs(main)** 을 누른다.
2. 첫 세 채널은 High(H), Low(L) 또는 Don't Care(X)를 선택한다. Ch4를 위한 선택 사항은 상승 에지와 하강 에지이다.

임계치를 설정한다. 각 채널의 로직 임계치를 설정하는 방법은,

1. **TRIGGER MENU → Type(main) → Logic(pop-up) → Class(main) → State(pop-up) → Set Thresholds(main) → Ch1, Ch2, Ch3, 또는 Ch4(side)** 를 누른다.
2. **MAIN TRIGGER LEVEL** 노브, 범용 노브, 또는 키패드를 사용하여 각 임계치를 설정한다.

로직 정의 입력 채널에 적용시키고자 하는 logic function의 종류를 선택하는 방법은,

TRIGGER MENU → Type(main) → Logic(pop-up) → Class(main) → State(pop-up) → Define Logic(main) → AND, OR, NAND, 또는 NOR(side) 를 누른다.

Trigger When 설정 로직 조건이 충족될 때 (Goes TRUE) 또는 충족되지 않을 때 (Goes FALSE) 트리거하는 방법은,

TRIGGER MENU → Type(main) → Logic(pop-up) → Class(main) → State(pop-up) → Trigger When(main) → Goes TRUE 또는 Goes FALSE(side) 를 누른다.

Mode와 Holdoff 의 설정 모든 표준 트리거 타입과 클래스에서 Mode와 Holdoff를 설정할 수 있다. Mode와 Holdoff를 설정하려면, 3-85 쪽의 “모드와 홀드오프 설정 방법”을 참고한다. 트리거 모드와 트리거 홀드오프에 관한 더 자세한 사항은 3-75 쪽 “트리거 모드”와 “트리거 홀드오프”를 참고한다.

Setup/Hold Time Violations 에 트리거하는 방법

로직 클래스 Setup/Hold 를 선택하면, 오실로스코프는 한 채널을 데이터 채널로 (공장 디폴트는 Ch1), 다른 채널은 클럭 채널(디폴트는 Ch2)로 사용하고, 데이터가 클럭의 설정 또는 홀드타임 내에서 트랜지션이 되면 트리거를 한다.(3-87, 3-88쪽은 setup/hold 트리거가 어떻게 작동하는지를 설명한다.) setup 과 hold 트리거링을 사용하려면 다음과 같이 한다.

Setup/Hold Triggering 을 선택한다. TRIGGER MENU → Type(main) → Logic(pop-up) → Class(main) → Setup/Hold(pop-up) 를 누른다.

Data Source 를 정의한다. 데이터 신호를 포함할 채널을 선택하는 방법은,

1. **TRIGGER MENU → Type(main) → Logic(pop-up) → Class(main) → Setup/Hold(pop-up)** 를 누른다.
2. **Ch1, Ch2, Ch3, 또는 Ch4(side)**를 누른다. 데이터와 클럭 소스에 대해 동일한 채널을 선택하지 않는다.

Clock Source 와 Edge를 정의한다. 클럭을 사용하기 위하여 클럭 신호와 에지를 포함할 채널을 선택하는 방법은,

1. **TRIGGER MENU → Type(main) → Logic(pop-up) → Class(main) → Setup/Hold(pop-up) → Ch1, Ch2, Ch3, 또는 Ch4(side)** 를 누른다.
2. **Ch1, Ch2, Ch3, 또는 Ch4(side)** 중의 하나를 눌러서 상승 및 하강 에지 사이를 토글한다.
3. **Clock Edge(side)**를 눌러서 상승 및 하강 에지 사이를 토글한다.

Data 및 Clock Level 설정 오실로스코프가 인식하기 위하여 클록과 데이터가 반드시 교차해야할 트랜지션 레벨을 설정하는 방법은,

1. **TRIGGER MENU → Type(main) → Logic(pop-up) → Class(main) → Setup/Hold(pop-up) → Class(main) → Clock Level 또는 Data Level(side)** 을 누른다.
2. 범용 노브를 돌리거나 키패드를 사용하여 클록 레벨과 데이터 레벨의 수치를 설정한다.

원하면, 양쪽 클록 레벨을 두 logic family 중의 어느 한쪽에 적합한 값에 설정할 수 있다. 그 방법은,

3. **TRIGGER MENU → Type(main) → Logic(pop-up) → Class(main) → Setup/Hold(pop-up) → Levels(main) → Set Both to ECL(side)** 을 누른다.

오실로스코프는 사용자가 설정한 클록 레벨을 사용하여 클록 에지 (선택에 따라 상승 또는 하강)가 발생할 시간을 정한다. 오실로스코프는 클록이 클록 레벨을 교차하는 포인트를 기준으로하여 이 포인트로부터 설정과 홀드 타임 세팅을 측정한다.

설정과 홀드 타임 클록과 비례하여 설정 타임과 홀드 타임을 설정하는 방법은,

1. **TRIGGER MENU → Type(main) → Logic(pop-up) → Class(main) → Setup/Hold(pop-up) → Setup/Hold Times(main) → Setup Time 또는 Hold Time(side)** 을 누른다. 그림 3-48 참고.
2. 범용 노브를 돌리거나 키패드를 사용하여 설정과 홀드 타임 수치를 입력한다.

주 유효한 설정과 홀드 타임을 보려면 “성능 확인과 명세 설명서”의 “*Setup/Hold Time Violation Trigger Minimum Clock Pulse Widths 명세*”를 참고한다.

포지티브 설정 타임은 항상 클록 에지를 리드하고 포지티브 홀드 타임은 항상 클록킹 에지를 따른다. 설정 타임은 홀드 타임을 항상 최소한 $2ns(TS + TH \geq 2ns)$ 리드한다. 두 개의 타임중 하나를 $2ns$ 한계를 감소시키기 위하여 설정하면 다른 타임은 그 한계를 유지한다.

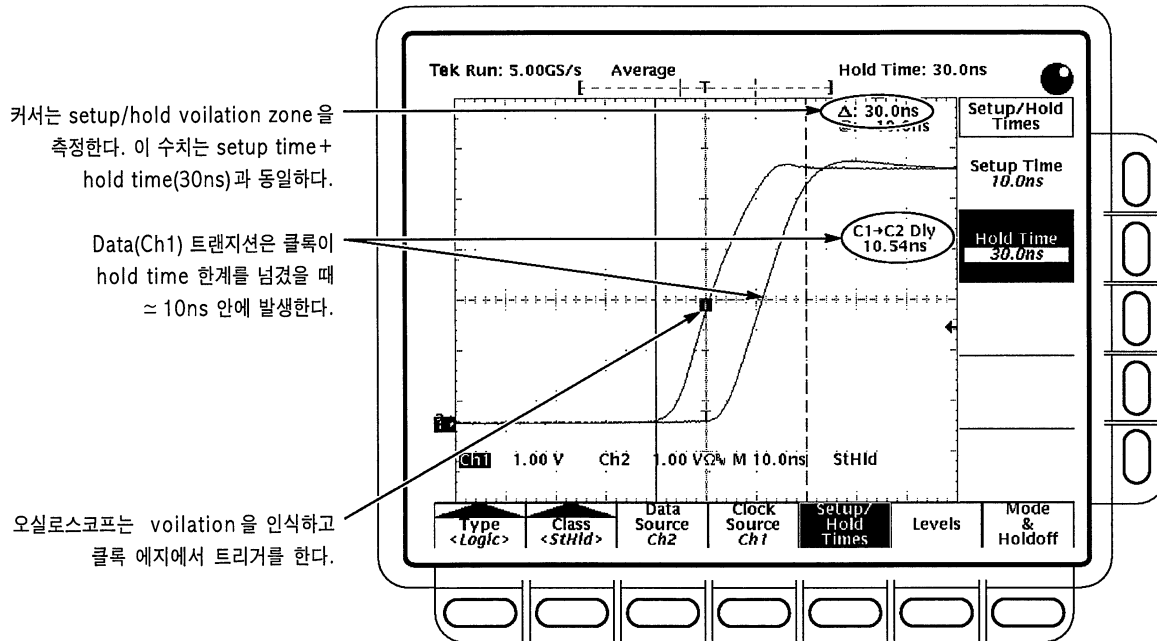


그림 3-48 Setup/Hold Time Violation 에서 트리거링

대부분의 경우, 설정과 홀드 타임은 양수(positive value)를 입력한다. 데이터 소스가 클록 전에 설정 시간 안에서 아직도 세틀링을 하고 있을 경우 또는 클록 후에 홀드 타임 안에서 스위치를 할 경우 수치를 양수로 설정하면 오실로스코프가 트리거한다. “Setup/hold violation zone”을 경사지게 하고 음수를 입력하여 설정과 홀드 타임을 형성할 수 있다(3-90 쪽의 그림 3-44 참고).

Mode와 Holdoff 설정 Mode와 Holdoff는 모든 표준 트리거 타입과 클래스에 설정될 수 있다. Mode와 Holdoff를 설정하려면, 3-85 쪽의 “모드와 홀드오프 설정 방법”을 참고한다. 트리거 모드와 트리거 홀드오프에 관한 더 자세한 사항은, 3-75 쪽의 “트리거 모드와 트리거 중지”를 참고한다.

펄스에서 트리거링

TDS 오실로스코프는 글리치 또는 런트 펄스에서 트리거가 되거나 펄스의 폭, 슬루 속도, 또는 타임 아웃 주기에 기준하여 트리거할 수도 있다. 이러한 기능은 무인 모니터링, 포착, 전원 공급 글리치 또는 연산 증폭기의 GO/NO GO 슬루 속도 테스트와 같은 작업에 적합하다. 이 부 단원에서는 펄스 트리거의 다섯 클래스 트리거링(글리치, 런트, 폭, 슬루 속도 그리고 타임 아웃)을 각각 어떻게 사용하는가에 대해서 설명한다.

*Glitch trigger*는 소스가 지정 시간보다 폭이 좁은(또는 넓은) 펄스를 탐지할 때 발생한다. 양쪽 극성 글리치에서 트리거하거나 하나의 극성 글리치를 거부하도록 글리치 트리거를 설정할 수 있다.

*Runt trigger*는 트리거 소스가 하나의 임계치는 교차하지만 두번째 임계치 교차에 실패하고 첫번째를 재교차하는 짧은 펄스가 탐지될 때 발생한다. 오실로스코프는 포지티브 또는 네거티브 width 펄스에서 트리거할 수 있다.

*Width trigger*는 트리거 소스가 지정한 시간 범위 안 또는 밖에 있는(상위 한계와 하위 한계로 정의됨) 펄스를 탐지할 때 발생한다. 오실로스코프는 포지티브 또는 네거티브 width 펄스에서 트리거할 수 있다.

*Slew rate trigger*는 트리거 소스가 두 개의 진폭 레벨 사이를 지정한 속도보다 빠르게 또는 느리게 가로지르는 펄스 에지를 탐지할 때 발생한다. 오실로스코프는 포지티브 또는 네거티브 슬루 속도에서 트리거할 수 있다. 슬루 속도 트리거링은 또한 펄스 에지의 슬로프(전압 변동 / 시간 변동)에 기준한 트리거링으로 생각할 수도 있다.

*Timeout trigger*는 트리거 소스가 기대하고 있는 펄스 에지를 탐지하지 못할 때 발생한다.

그림 3-49는 펄스 트리거 판독을 보여준다. 3-100쪽의 표 3-8은 펄스 트리거의 선택을 설명한다.

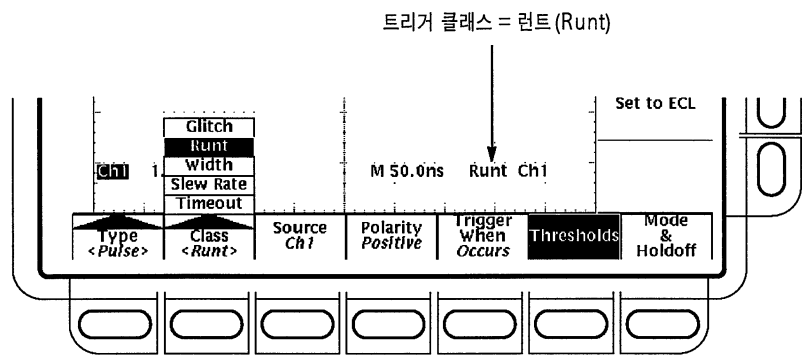


그림 3-49 펄스 트리거 판독

표 3-8 펄스 트리거 정의

종류	정의
 Glitch positive	오실로스코프가 지정한 글리치 타임보다 적은 포지티브 spike width를 탐지하면 트리거가 발생한다.
 Glitch negative	오실로스코프가 지정한 글리치 타임보다 적은 negative spike width를 탐지하면 트리거가 발생한다.
 Glitch either	오실로스코프가 지정한 글리치 타임보다 적은 positive 또는 negative width를 탐지하면 트리거가 발생한다.
 Runt positive	오실로스코프가 positive가 되는 교차하는 positive 펄스를 탐지했지만 첫번째 positive를 재교차하기 전 두번째 임계 교차에 실패할 경우 트리거가 발생한다.
 Runt negative	오실로스코프가 negative가 되는 임계치 하나는 교차하지만 첫번째 positive를 재교차하기 전 두번째 임계치 교차에 실패하는 negative 펄스를 탐지하면 트리거가 발생한다.
 Runt either	오실로스코프가 한 임계치는 교차하나 두번째 임계치 교차에 실패하고 첫번째를 재교차하는 positive 또는 negative going 펄스를 탐지하면 트리거가 발생한다.
 Width positive	오실로스코프가 사용자가 지정한 상위 또는 하위 시간 한계 사이 또는 초과하는 폭의 positive pulse를 발견하면 트리거가 발생한다.
 Width negative	오실로스코프가 사용자가 지정한 상위 또는 하위 시간 한계 사이 또는 초과하는 폭의 negative pulse를 발견하면 트리거가 발생한다.

표 3-8 펄스 트리거 정의(계속)

종류	정의
 Slew positive	먼저 하위 임계치를 교차한 다음 상위 임계치를 교차하는 positive 펄스 에지를 오실로스코프가 탐지하면 트리거가 발생한다. 펄스는 사용자가 지정한 트리거링 슬루 속도보다 더 빠르거나 느린 속도로 이 두 레벨 사이를 움직일 때 트리거가 발생한다.
 Slew negative	먼저 상위 임계치를 교차한 다음 하위 임계치를 교차하는 negative 펄스 에지를 오실로스코프가 탐지하면 트리거가 발생한다. 펄스는 사용자가 지정한 트리거링 슬루 속도보다 더 빠르거나 느린 속도로 이 두 레벨 사이를 움직일 때 트리거가 발생한다.
 Slew either	먼저 임계치를 하나 교차한 다음 다른 임계치를 교차하는 positive 또는 negative 펄스 에지를 오실로스코프가 탐지하면 트리거가 발생한다. 펄스는 사용자가 지정한 트리거링 슬루 속도보다 더 빠르거나 느린 속도로 이 두 레벨 사이를 움직여야 트리거가 발생한다.
 Timeout stays high	신호가 타임 아웃 시간보다 더 오랫동안 트리거 레벨보다 높게 지속되면 트리거가 발생한다.
 Timeout stays low	신호가 타임아웃 시간보다 더 오래, 트리거 레벨보다 낮게 남아 있으면 트리거가 발생한다.
 Timeout either	신호가 타임아웃 시간동안 트리거 레벨보다 높게 또는 낮게 남아 있으면 트리거가 발생한다.

글리치에서 트리거 방법

펄스 클래스를 **Glitch**로 선택하면, 오실로스코프는 지정한 시간보다 폭이 좁은 (또는 넓은) 펄스에서 트리거한다. 글리치 트리거링을 설정하는 방법은,

Glitch Trigger의 선택 **TRIGGER MENU** → **Type(main)** → **Pulse(pop-up)** → **Class(main)** → **Glitch(pop-up)**를 누른다.

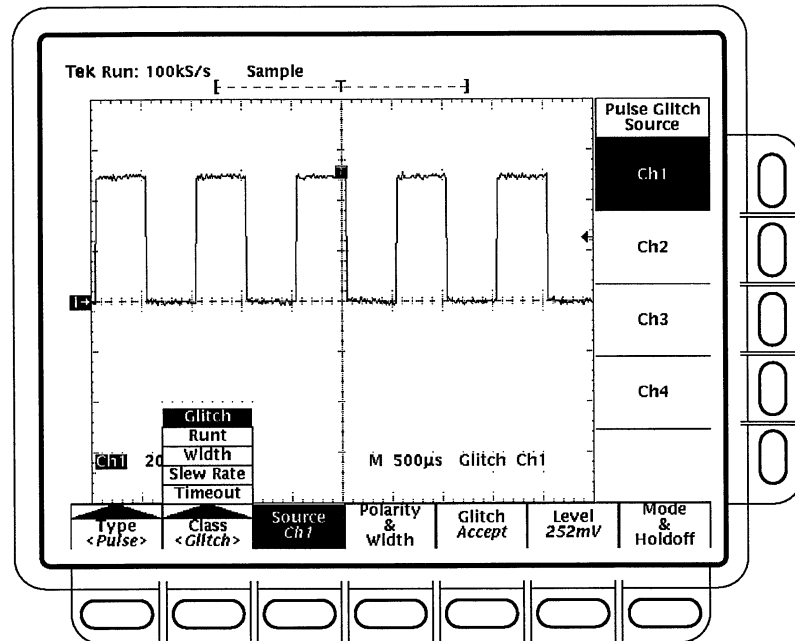


그림 3-50 주 트리거 메뉴 -Glitch Class

소스 선택 펄스 트리거 소스 채널을 지정하는 방법은,

TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Source(main) → Ch1,Ch2,Ch3,
또는 **Ch4(side)**를 누른다. 선택된 소스는 네 트리거 소스 모두의 트리거 소스가 된다.

극성과 폭 선택 글리치의 극성 (positive,negative,또는 either)과 폭을 지정하는 방법은,

1. **TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Polarity & Width(main) → Positive, Negative, 또는 Either(side)**를 누른다.



Positive는 positive-going 펄스를 본다.



Negative는 negative-going 펄스를 본다.



Either는 positive와 negative 펄스 양쪽을 본다.



2. **Width(side)**를 누른 다음 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 글리치 폭을 설정한다.

Accept 또는 Reject Glitch 에 설정 글리치에서 트리거할지 또는 글리치를 무시할지 지정하려면, **TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Class(main) → Glitch(pop-up) → Glitch(main) → Accept Glitch** 또는 **Reject Glitch(side)** 를 누른다.

Accept Glitch를 선택하면, 오실로스코프는 지정한 폭보다 좁은 펄스에서만 트리거한다. **Reject Glitch**를 선택하면, 지정한 폭보다 넓은 펄스에서만 트리거한다.

레벨 설정 Level 주 메뉴에서(또는 프론트 패널 트리거 **Level** 노브로) 트리거 레벨을 설정하려면, **TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Level, Set to TTL, Set to ECL**, 또는 **Set to 50%(side)** 를 누른다.

- **Level**을 선택하면, 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 수치를 입력한다.
- **Set to TTL**을 선택하면, 오실로스코프는 트리거 레벨을 TTL 스위치 임계치에 설정한다.
- **Set to ECL**을 선택하면, 오실로스코프는 트리거 레벨을 ECL 스위치 임계치에 설정한다.
- **Set to 50%**를 선택하면, 오실로스코프는 트리거 소스 신호 peak 사이의 중간 포인트를 탐지하고 트리거 레벨을 그 포인트에 설정한다.

Mode와 Holdlff 설정 모든 표준 트리거 타입과 클래스들의 모드와 홀드오프를 설정할 수 있다. 모드와 홀드오프를 설정하려면 3-85 쪽의 “모드와 홀드오프 설정”을 참고한다. 트리거 모드와 트리거 홀드오프에 관한 더 자세한 설명은 3-75 쪽의 “트리거 모드와 트리거 홀드오프”를 참고한다.

런트 펄스에서 트리거하는 방법

펄스 클래스를 **Runt**로 설정하면, 오실로스코프는 한 임계치는 교차하지만 두번째 임계치 교차에는 실패하고 첫번째 임계치를 재교차하는 짧은 펄스에서 트리거한다. 런트 트리거링을 설정하는 방법은,

Runt Trigering 의 선택 **TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Class(main) → Runt(pop-up)** 를 누른다 (그림 3-51 참고).

소스를 선택 펄스 트리거 소스 채널을 지정하는 방법은,

TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Source(main) → Ch1, Ch2, Ch3,
또는 **Ch4(side)**를 선택한다. 선택된 소스는 네 트리거 클래스 모두의 트리거 소스가 된다.

극성을 선택 런트 펄스의 방향을 지정하는 방법은,

TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Class(main) → Runt(pop-up) →
Positive, Negative, 또는 **Either(side)**를 선택한다.

Positive는 positive-going 런트 펄스를 찾는다.

Negative는 negative-going 런트 펄스를 찾는다.

Either는 positive와 negative 런트 펄스를 모두 찾는다.

Trig When 설정 어느정도 폭의 런트 펄스에서 오실로스코프가 트리거할지를 결정하는 방법은,

1. **TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Class(main) → Runt(pop-up) → Trig When(main)**을 누른다.
2. 폭에 관계없이 모든 런트 펄스에서 트리거되도록 **Occurs**를 누른다.
3. 설정한 폭을 초과하는 런트 펄스에서만 트리거되도록 하려면 **Runt is Wider Than(side)**을 누른다. 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 폭을 입력한다.

임계치를 설정 런트 펄스 탐지에 사용되는 두개 임계치 레벨을 설정하는 방법은,

1. **TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Class(main) → Runt(pop-up) → Thresholds(main)**를 선택한다.
2. 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 상위 및 하위 임계치 값을 설정한다.

힌트: 펄스열에서 임계치 레벨을 설정하기 위해 **Trigger Bar**를 사용하려면, **DISPLAY → Readout Options(main) → Trigger Bar Style(side)**을 선택하여 메뉴 항목에 **Long**이 나타날 때까지 누른다.

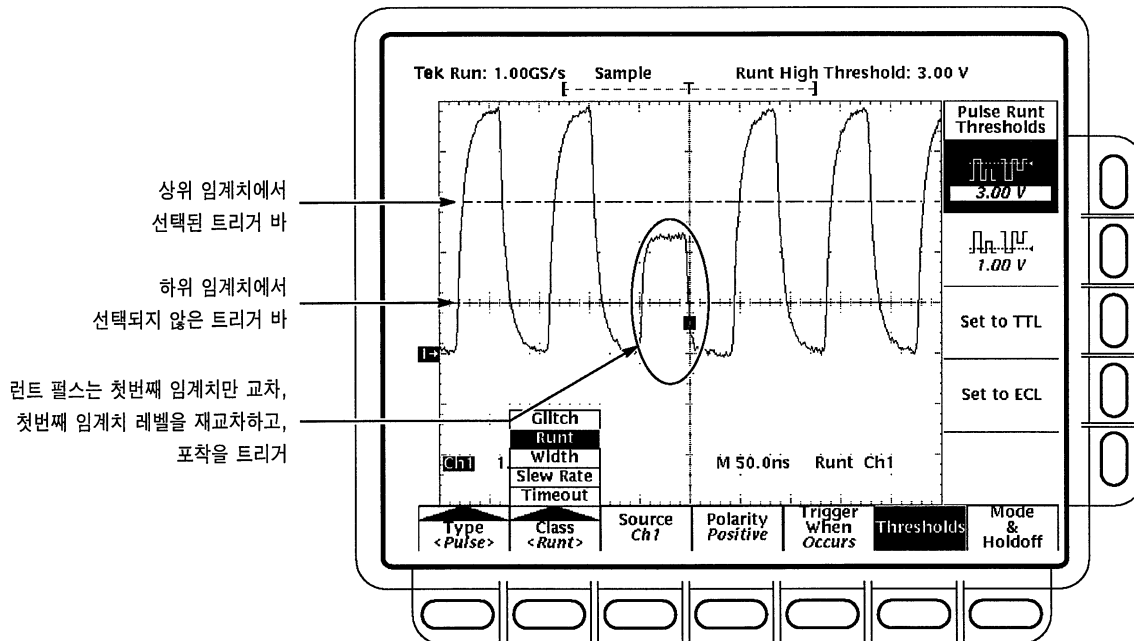


그림 3-51 주 트리거 메뉴 - 런트 클래스

그림 3-51에서 트리거 표시기의 위치가 어디인지 살펴볼것. 펄스가 두번째 임계치 레벨 (상위)을 교차하지 않고 네거티브가 되는 첫번째 (하위) 임계치 포인트에서 트리거가 발생한다. Polarity 사이드 메뉴에서 선택한 극성은 런트 트리거가 발생하려면 임계치가 반드시 교차되어야 하는 순서를 결정한다.

Positive는 하위 임계치가 포지티브에서 먼저 교차되어야 한다. 다음,상위 임계치가 전혀 교차되지 않은 상태에서 네거티브로 재교차되어야 한다.

Negative는 상위 임계치가 네거티브에서 먼저 교차되어야 한다. 다음,하위 임계치가 전혀 교차되지 않은 상태에서 포지티브로 재교차되어야 한다.

Either는 임계치 중의 하나가 어느 쪽 방향으로든지 반드시 교차가 된 다음,다른 임계치가 교차되지 않은 상태에서 반대 방향으로 재교차되어야 한다.

세 가지 극성 세팅의 어느 경우에도,트리거링은 런트 펄스가 첫번째 임계치를 재교차하는 포인트에서 발생한다.

모드와 홀드오프의 설정 모드와 홀드오프는 모든 표준 트리거 타입과 클래스에서 설정될 수 있다. 모드와 홀드오프를 설정하려면, 3-85 쪽의 “모드와 홀드오프 설정”을 참고한다. 트리거 모드와 트리거 홀드오프에 관한 더 자세한 정보는, 3-75 쪽의 “트리거 모드와 트리거 홀드오프”를 참고한다.

펄스 폭에 기준한 트리거

펄스 분류로 **Width**를 선택하면 오실로스코프는 지정한 시간 범위(상위 한계와 하위 한계로 정의)보다 더 좁은(또는 넓은) 펄스에서 트리거한다. Width 트리거링을 설정하려면, 아래 절차를 따른다.

Width Triggering 선택 TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Class(main) → Width(pop-up)를 누른다.

Source 선택 TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Source(main) → Ch1, Ch2, Ch3, 또는 Ch4(side)를 누른다.

Polarity 선택 TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Class(main) → Ch1, Ch2, Ch3, 또는 Ch4(side)를 누른다. 선택한 소스는 4개 트리거 클래스의 트리거 소스가 된다.

Trig When 설정 트리거 소스가 탐색할 폭의 범위를 설정(시간 단위로)하고, 이 범위 밖의 펄스 또는 안의 펄스에서 트리거할지를 지정하는 방법은,

1. TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Class(main) → Witch(pop-up) → Trig When(main)을 누른다.
2. 지정한 범위 안의 펄스에서 오실로스코프가 트리거하기를 원하면, **Within Limits** (side)를 누른다. 이 범위 밖의 펄스에서 트리거하기 원하면, **Out of Limits**(side)를 누른다.

3. 시간 단위로 펄스 폭의 범위를 설정하려면, **Upper Limit(side)**와 **Lower Limit(side)**를 누른다. 범용 노브 또는 키패드로 수치를 입력한다. **Upper Limit**은 트리거 소스가 찾는 최대 유효 펄스 폭이다. **Lower Limit**은 최소 유효 펄스 폭이다. 오실로스코프는 **Lower Limit**을 **Upper Limit** 이하로 유지하고 그것을 넘지 못하게 강요한다.

레벨 설정 **TRIGGER MENU** → **Type(main)** → **Pulse(pop-up)** → **Class(main)** → **Witch(pop-up)** → **Level(main)** → **Level, Set to TTL, Set to ECL** 또는 **Set to 50%(side)**를 누른다.

모드와 홀드오프 설정 모든 표준 트리거 타입과 클래스에서 모드와 홀드오프를 설정할 수 있다. 모드와 홀드오프를 설정하려면, 3-85 쪽의 “모드와 홀드오프 설정”을 참고한다. 트리거 모드와 트리거 홀드오프에 관한 더 자세한 설명은 3-75 쪽의 “트리거 모드와 트리거 홀드오프”를 참고한다.

슬루 속도에 기준하여 트리거

펄스 분류로 **Slew Rate**를 선택하면, 오실로스코프는 사용자가 지정한 슬루 속도보다 더 빠른 또는 느린 상위 및 하위 임계치 사이를 횡단하는 펄스 에지에서 트리거한다. 슬루 속도 트리거링을 설정하는 방법은 다음과 같다.

슬루 속도 트리거링 선택 **TRIGGER MENU** → **Type(main)** → **Pulse(pop-up)** → **Class(main)** → **Slew Rate(pop-up)**를 누른다 (3-110 쪽의 그림 3-52 참고) .

소스 선택 **TRIGGER MENU** → **Type(main)** → **Pulse(pop-up)** → **Source(main)** → **Ch1, Ch2, Ch3** 또는 **Ch4(side)**를 누른다. 선택된 소스는 네 트리거 클래스 모두의 트리거 소스가 된다.

극성 선택 펄스 에지의 방향을 지정하려면, **TRIGGER MENU** → **Type(main)** → **Pulse(pop-up)** → **Class(main)** → **Slew Rate(pop-up)** → **Polarity(main)** → **Positive, Negative**, 또는 **Either(side)**를 누른다.

Positive는 펄스의 positive-going 에지의 슬루 속도를 모니터한다. 에지는 반드시 먼저 하위 임계치를 교차한 다음 상위 임계치를 교차해야 한다.

Negative는 펄스의 negative-going 에지의 슬루 속도를 모니터한다. 에지는 반드시 먼저 상위 임계치를 교차한 다음 하위 임계치를 교차해야 한다.

Either는 펄스의 positive- 그리고 negative-going 에지를 모니터한다. 에지는 반드시 먼저 어느 한쪽 임계치를 교차한 다음 그 다음 임계치를 교차한다.

슬루 속도 설정 임계치 레벨과 델타 타임 세팅은 슬루 속도 세팅을 결정한다. 이 파라미터를 설정하는 방법은,

1. **TRIGGER MENU**→**Type(main)**→**Pulse(pop-up)**→**Class(main)**→**Slew Rate(pop-up)**→**Thresholds(main)**를 누른다.
2. **Set to TTL** 또는 **Set to ECL(side)**을 눌러서 상위와 하위 임계치를 로직 패밀리에 적절한 레벨에 설정한다. ...또는...
3. 상위 임계치 단추를 누른 다음 하위 임계치 단추(side)를 누른다. 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 상위 및 하위 임계치 수치를 설정한다.

힌트: 펄스 에지의 임계치 레벨을 설정하기 위하여 **Trigger Bar**를 사용하려면, 메뉴 항목에 **Long**이 나타날 때까지 **DISPLAY**→**Readout Options(main)**→**Trigger Bar Style(side)**을 누른다.

임계치 세팅은 슬루 속도(Volts/Second)의 전압 컴포넌트를 결정한다. 슬루 속도 설정을 끝내려면, 다음과 같이 하여 타임 컴포넌트를 설정한다.

4. **TRIGGER MENU**→**Type(main)**→**Pulse(pop-up)**→**Class(main)**→**Slew Rate(pop-up)**→**Trigger When(main)**→**Delta Time(side)**을 누른다.
5. 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 슬루 속도의 델타 타임 수치를 설정한다.

주 사이드 메뉴 안의 **Slew Rate** 메뉴 항목은 단추가 아니다. 이 항목은 슬루 속도 세팅의 판독이다. 이 판독은 **Delta Time** 세팅을 바꿀 때 함께 변하고, 또한 **Thresholds** 메뉴에서 임계치 세팅을 바꿀 때에도 변한다. 이 파라미터들을 조절하여 슬루 속도를 조절한다. 슬루 속도는 사이드 메뉴에서 직접 조절할 수 없다.

Trig When 설정 오실로스코프는 트리거 소스의 펄스 에지를 Trig When 메뉴 안의 슬루 속도 세팅과 비교한다. 판독에 지정한 것보다 더 빠른 또는 더 느린 슬루 속도의 에지에서 트리거할지 선택하는 방법은,

TRIGGER MENU→Type(main)→Pulse(pop-up)→Class(main)→Slew Rate(pop-up)→Trigger When(main)→Trigger if Faster Than 또는 Trigger if Slower Than(side)을 누른다 (그림 3-52 참고).

주 *Trigger if Faster Time*을 선택했는데 오실로스코프가 트리거하지 않는 경우는 펄스 에지가 너무 느려서보다는 너무 빨라서 그렇게 될 수가 있다. 에지 속도를 확인하려면, 에지 트리거링으로 바꾼다. 다음, 펄스 에지에서 트리거를 한 다음 에지가 슬루 속도 *Thresholds* 메뉴에서 설정된 레벨 사이를 횡단하는데 걸리는 시간을 결정한다. 임계치 레벨 사이를 600ps 이하로 횡단하는 펄스 에지에서는 슬루 속도로 트리거할 수 없다.

또, 슬루 속도 트리거를 제대로 하려면, 펄스 폭이 7.5ns 또는 그 이상이 되어야 한다. 그보다 좁은 폭의 펄스는 다른 슬로프에서 트리거하거나 전혀 트리거하지 않을 수도 있다. 기대하는 슬루 속도 트리거가 안되면 에지 트리거링으로 바뀌서 펄스 폭을 체크한다.

슬루 속도 트리거할 때 어떠한 현상이 일어나는가 이해하려면, 다음과 같은 점에 유의하면서 그림 3-52를 참고한다.

- 주 메뉴는 오실로스코프가 트리거 소스(Ch 1)의 펄스 입력 슬루 속도에 기준하여 설정이 되었다는 것을 보여준다. 또 트리거 소스의 positive-polarity 펄스 에지를 모니터하기 위하여 그리고 슬루 속도 세팅보다 더 빠른 슬루 속도의 에지에서 트리거하도록 설정이 되어 있다.

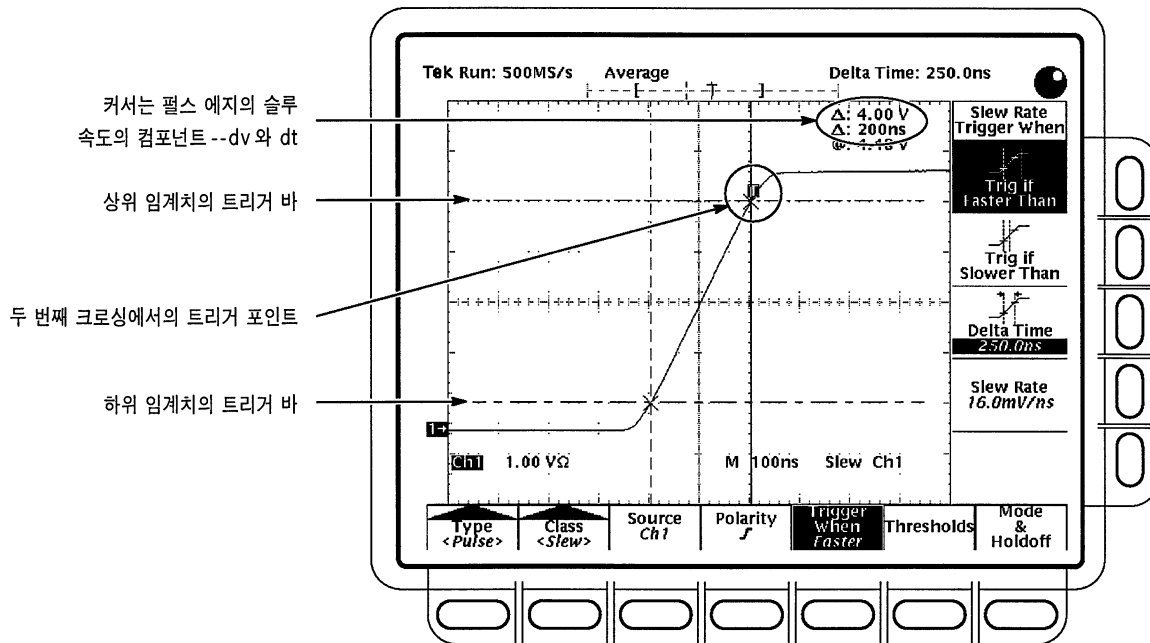


그림 3-52 주 트리거 메뉴 - 슬루 속도 클래스

- Trigger When 사이드 메뉴는 슬루 속도 세팅을 표시하는 *Slew Rate* 판독을 디스플레이한다. 슬루 속도 세팅은 펄스의 슬루 속도가 아니다. 그것은 오실로스코프가 펄스의 슬루 속도를 비교할 때 기준으로 삼는 슬루 속도이다(위 참고). 델타 전압비를 델타 타임에 다음과 같이 세팅하여 슬루 속도를 간접적으로 설정한다.

$$\text{슬루 속도 세팅} = \frac{\text{상위 임계치 세팅} - \text{하위 임계치 세팅}}{\text{델타 타임 세팅}}$$

임계치와 델타 타임 세팅을 그림 3-52의 설정으로 대체하면,

$$\text{슬루 속도 세팅} = \frac{4.5 \text{ V} - 0.5 \text{ V}}{250 \text{ ns}} = 16.0 \text{ mV/ns}$$

- 트리거 바 표시기(긴 수평 바)는 상위 및 하위 임계치를 가리킨다. 임계치 레벨에 맞춰 정렬되어 있는 두개의 커서는 임계치 레벨 사이의 델타 전압이 약 4V, 델타 타임이 200ns임을 표시한다. 따라서, 트리거된 펄스 에지의 슬루 속도는

$$\text{측정된 슬루 속도} = \frac{dv}{dt} = \frac{4 \text{ Volts}}{200 \text{ ns}} = 20.0 \text{ mV/ns}$$

- **Trigger When** 사이드 메뉴는 오실로스코프가 슬루 속도 세팅보다 느린 슬루 속도의 펄스에서 트리거될 것임을 표시하고 있다. 펄스 에지는 슬루 속도 세팅 16mV/ns보다 빠른 20mV/ns에서 슬루하기 때문에 오실로스코프가 트리거한다.
- 트리거 포인트 표시기는 어디서 오실로스코프가 트리거하는지를 보여준다. 슬루 속도로 트리거되는 파형에서, 트리거 포인트는 항상 마지막으로 교차된 임계치이다(포지티브 극성 세팅인 경우 상위 임계치이고 네거티브 세팅인 경우에는 하위).

모드와 홀드오프 설정 모든 표준 트리거 타입과 클래스에서 모드와 홀드오프를 설정할 수 있다. 모드와 홀드오프를 설정하려면, 3-85 쪽의 “모드와 홀드오프 설정”을 참고한다. 트리거 모드와 트리거 홀드오프에 관한 더 자세한 내용은 3-75 쪽의 “트리거 모드와 트리거 홀드오프”를 참고한다.

펄스 타임아웃에 기준한 트리거

펄스 클래스로 **Timeout**을 선택하면, TDS 오실로스코프는 지정한 한계 내에서 발생하지 않는 펄스 변동에서 트리거된다. 다시 말하면, 선택한 극성에 따라서, 신호가 타임아웃 트리거 레벨보다 높거나 낮을 때 트리거가 발생한다. 타임아웃 트리거링을 설정하는 방법은,

Timeout Triggering 을 선택한다. **TRIGGER MENU**→**Type(main)**→**Pulse(pop-up)**→**Class(main)**→**Timeout(pop-up)** 을 누른다.

소스 선택 **TRIGGER MENU**→**Type(main)**→**Pulse(pop-up)**→**Source(main)**→**Ch1, Ch2, Ch3**, 또는 **Ch4(side)**를 누른다. 선택된 소스는 네 트리거 클래스 모두의 트리거 소스가 된다.

극성 선택 **TRIGGER MENU**→**Type(main)**→**Pulse(pop-up)**→**Class(main)**→**Timeout(pop-up)**→**Polarity(main)**→**Stays High, Stays Low**, 또는 **Either(side)**를 누른다.



Stays High는 신호가 트리거 레벨보다 더 높은 상태에서 타임아웃 수치보다 더 오래 지속되면 트리거를 동작시킨다.



Stays Low는 신호가 트리거 레벨보다 더 낮은 상태에서 타임아웃 수치보다 더 오래 지속되면 트리거를 동작시킨다.



Either는 신호가 트리거 레벨보다 더 낮게 또는 더 높은 상태에서 타임아웃 수치보다 더 오래 지속되면 트리거를 동작시킨다.

타임 타임아웃 시간을 설정하는 방법은,

1. **TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Class(main) → Timeout(pop-up) → Time(main)** 을 누른다.
2. 범용 노브를 돌리거나 키패드를 사용하여 타임아웃 시간의 수치를 설정한다.

레벨 설정 **TRIGGER MENU → Type(main) → Pulse(pop-up) → Class(main) → Timeout(pop-up) → Level(main) → Level, Set to TTL, Set to ECL 또는 Set to 50%(side)** 를 누른다.

- **Level** 을 선택했으면, 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 수치를 입력하여 트리거 레벨을 설정한다.
- **Set to TTL** 을 선택했으면, 오실로스코프는 트리거 레벨을 TTL 스위칭 임계치에 설정한다.
- **Set to ECL** 을 선택했으면, 오실로스코프는 트리거 레벨을 ECL 스위치 임계치에 설정한다.
- **Set to 50%** 를 선택했으면, 오실로스코프는 트리거 소스 신호의 peak들 사이의 중간 포인트를 찾아 트리거 레벨을 그 포인트에 설정한다.

모드와 홀드오프 설정 모든 표준 트리거 타입과 클래스에서 모드와 홀드오프를 설정할 수 있다. 모드와 홀드오프를 설정하려면, 3-85 쪽의 “모드와 홀드오프 설정”을 참고한다. 트리거 모드와 트리거 홀드오프에 관한 더 자세한 내용은 3-75 쪽의 “트리거 모드와 트리거 홀드오프”를 참고한다.

통신 트리거링

TDS 오실로스코프는 통신 신호에도 트리거할 수 있다(옵션 2C에만 적용). 표 3-9는 사용할 수 있는 표준, 코드, 비트 속도의 목록이다. 이 단원에서는 Comm 트리거링 사용법 -Source, Code, 전송 속도, 텔레콤 Standard, Pulse Form, Level 이나 Threshold, Mode and Holdoff를 선택하는 방법을 설명한다.

주 적절하게 작동하기 위해서 Comm 트리거링은 일부 오실로스코프 모드와 설정을 새로 설정한다. 또한 MEASURE 메뉴에서 마스크를 선택하면 그 마스크에 대한 Comm 트리거가 선택된다. 그러나 Comm 트리거를 선택하면 마스크가 선택되는 것은 아니다.

표 3-9 Comm 트리거

표준 이름	코드 ¹	비트 속도
OC1/STM0	NRZ	51.84Mb/s
OC3/STM1	NRZ	155.52Mb/s
OC12/STM4	NRZ	622.08Mb/s
DS0 Sgl	Mask ²	64kb/s
DS0 Dbl	Mask ²	64kb/s
DS0 Data Contra	Mask ²	64kb/s
DS0 Timing	Mask ²	64kb/s
E1	AMI	2.048Mb/s
E2	AMI	8.44Mb/s
E3	AMI	34.368Mb/s
E4	CMI	139.26Mb/s
E5(CEPT)	NRZ	565Mb/s
STM1E	CMI	155.52Mb/s

표 3-9 Comm 트리거(계속)

표준 이름	코드 ¹	비트 속도
DS1	AMI	1.544Mb/s
DS1A	AMI	2.048Mb/s
DS1C	AMI	3.152Mb/s
DS2	AMI	6.312Mb/s
DS3/DS3 Rate	AMI	44.736Mb/s
DS4NA	CMI	139.26Mb/s
STS-1	AMI	51.84Mb/s
STS-3	CMI	155.52Mb/s
FC133	NRZ	132.7Mb/s
FC266	NRZ	265.6Mb/s
FC531	NRZ	531.2Mb/s
FC1063	NRZ	1.0635Mb/s
D2	NRZ	143.18Mb/s
D1	NRZ	270Mb/s
FDDI	NRZ	125Mb/s
SMPTE 292M	NRZ	1.485Gb/s
4:2:2 SMPTE 259M-D	NRZ	360Mb/s
10Base-T Ethernet	NRZ	10Mb/s
100Base-T Ethernet	NRZ	125Mb/s
Gigabit Ethernet	NRZ	1.25Gb/s

¹ AMI=Alternate Mark Inversion. CMI=Code Mark Inversion. NRZ=Non-return to Zero.

² 이 텔레콤 DSO 표준은 Mask 메뉴에서 자동으로 선택된다. 트리거는 Pulse/Width 트리거를 사용한다.

Comm 트리거링 선택

Comm 트리거 메뉴를 사용하여 통신 트리거링을 선택하고 소스, 코드, 표준 펄스 폼, 트리거 수준, 임계값, 모드, holdoff 절차를 수행할 수 있다.

Comm Trigger 메뉴를 불러오려면, **TRIGGER MENU→Type(main)→Comm(pop-up)**를 누른다(그림 3-53 참고).

소스 선택

트리거에 사용할 소스를 선택하려면,

TRIGGER MENU → Type(main) → Comm(pop-up) → Code(main) → Ch1, Ch2, Ch3, Ch4(side) 를 누른다.

코드 지정

코드를 선택하려면 **TRIGGER MENU → Type(main) → Comm(pop-up) → Code(main) → AMI, CMI, NRZ(pop-up)** 를 누른다.

Mode & Holdoff 설정

모든 표준 트리거 형식과 클래스에 대해 mode와 holdoff를 설정할 수 있다. 모드와 holdoff를 설정하려면 3-85쪽의 "Mode & Holdoff 설정 방법"을 참고한다. 트리거 모드와 holdoff에 대해 자세히 알고 싶으면 3-75쪽의 "트리거 모드"와 "트리거 중지"를 참고한다.

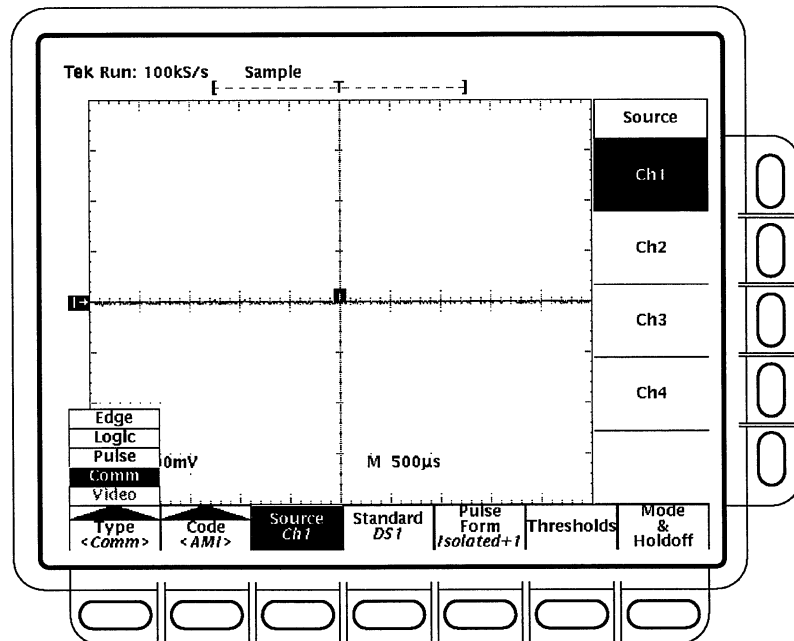


그림 3-53 주 트리거 메뉴 -Comm 형식

통신 표준 선택

트리거링이 발생할 통신 신호의 표준과 전송 속도를 선택하려면,

1. **TRIGGER MENU** → **Type(main)** → **Comm(pop-up)** → **Standard(main)** 를 누른다.
2. 사이드 메뉴에서 원하는 표준을 선택한다. 선택된 Code 에 대한 표준만 나타난다.
3-113 쪽의 표 3-9 에 사용 가능한 표준과 전송 속도 목록이 있다.

펄스 폼 선택

트리거링이 발생할 통신 신호의 펄스 폼을 선택하려면,

1. **TRIGGER MENU** → **Type(main)** → **Comm(pop-up)** → **Pulse Form(main)** 을 누른다.
2. 사이드 메뉴에서 원하는 펄스 폼을 선택한다. 선택된 Code 에 대한 펄스 폼만 나타난다. 펄스 폼 목록을 보려면 표 3-10 을 참고한다.

표 3-10 통신 펄스 폼

AMI	CMI	NRZ
Isolated +1	Plus One	Eye Diagram
Isolated -1	Minus One	Rise
Eye Diagram	Zero	Fall
	Eye Diagram	Pattern 0-7

수준 및 임계값 설정

TRIGGER MENU → **Type(main)** → **Comm(pop-up)** → **Level** 이나 **Threshold(main)** → **High, Low, Level, Set to TTL, Set to ECL, Set to 50%(side)** 를 누른다. 선택된 Code 에 대한 선택 사항만 화면에 나타난다.

High 를 선택하면 범용 노브나 키패드로 높은 임계값을 입력할 수 있다.

Low 를 선택하면 범용 노브나 키패드로 낮은 임계값을 입력할 수 있다.

Level을 선택하면 범용 노브나 키패드로 트리거 수준을 입력할 수 있다.

Set to TTL은 트리거 수준을 +1.4V로 고정시킨다.

Set to ECL은 트리거 수준을 -1.3V로 고정시킨다.

Set to 50%는 트리거 수준을 트리거 소스 신호의 **peak-to peak** 값의 약 50%로 고정시킨다. AMI를 선택했을 때 이것을 선택하면 **peak-to peak** 수준을 측정하여 상한 임계값을 75%까지, 그리고 하한 임계값을 25%까지로 설정한다. 트리거 수준이 제대로 설정된 DSO 마스크를 선택하면 프론트 패널의 SET LEVEL TO 50% 단추를 누르지 않는다.

지연된 트리거링

TDS 오실로스코프는 주 타임 베이스와 지연된 타임 베이스를 제공한다. 지연된 타임 베이스에서는 주 타임 베이스와 마찬가지로 트리거 신호와 그 신호 전용의 수신 소스가 있어야 한다. 지연은 주 에지 트리거와 주 펄스 트리거의 특정 클래스에만 적용할 수 있다. 이 단원에서는 파형 포착의 지연 방법에 대해 설명한다.

파형 포착 지연을 하는 데에는 *delayed runs after main* 그리고 *delayed triggerable*의 두가지 방법이 있다. Delayed triggerable 만이 지연된 트리거 시스템을 사용한다. *Delayed runs after main*은 주 트리거를 찾은 다음, 사용자가 지정한 시간을 기다린 다음 포착을 시작한다(그림 3-54 참고).



그림 3-54 Delayed Runs After Main

*Delayed triggerable*은 주 트리거를 찾은 다음, 선택한 지연된 트리거 타입에 따라서, 3가지 타입의 *delayed triggerable* 모드 포착 중의 하나를 만든다. 3가지 타입은 *After Time*, *After Events*, 또는 *After Events/Time*이다. 그림 3-55를 연구하여 오실로스코프가 각 지연된 모드마다 거치는 순서를 이해하도록 한다.

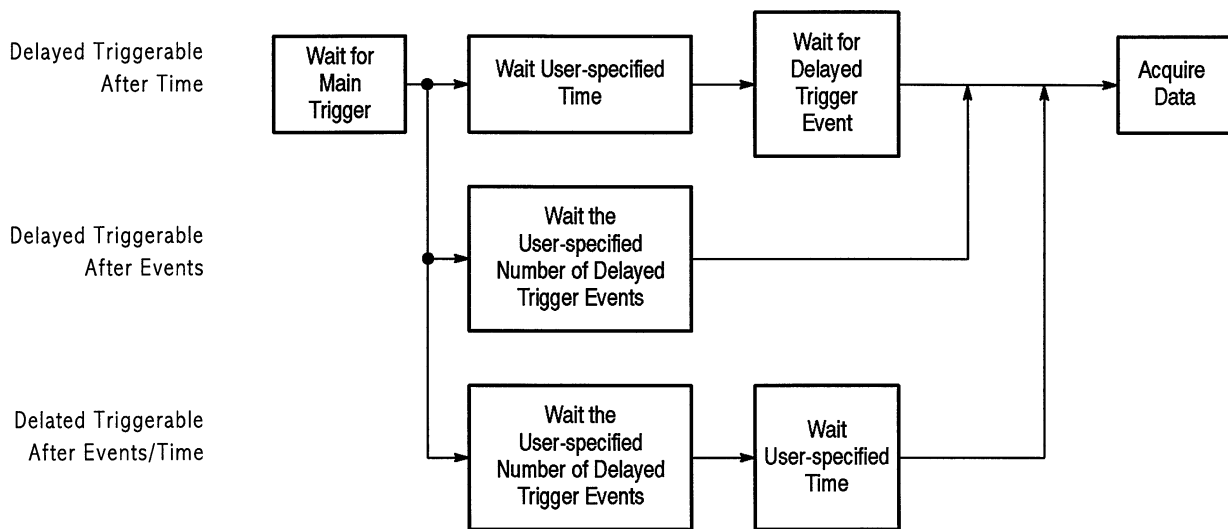


그림 3-55 Delayed Triggerable

오실로스코프는 항상 샘플을 포착하여 파형 레코드의 **pretrigger** 부분을 채운다. 지연 조건이 충족되면 충분한 **posttrigger** 샘플을 포착하여 지연된 파형 레코드를 완료한 다음 디스플레이한다. 지연된 레코드가 주 트리거에 대해 시간상으로 어떤 위치에 있게 되는가에 대한 더 상세한 것은 그림 3-56을 참고한다.

주 하드웨어상의 제한 때문에 주 트리거 타입이 *Logic*일 때 아무 클래스, 또는 *Runt*이거나 *Slew Rate* 클래스를 선택했을 때 주 트리거 타입이 *Pulse*인 경우에는 지연된 타임베이스는 트리거가 될 수 없다. 이러한 세팅에서, 오실로스코프는 지연된 타임 베이스를 *Runt After* 모드로 강제 세팅한다.

After Delay 실행 방법

Delayed runs after main 또는 delayed triggerable을 선택하고 정의하려면 Horizontal 메뉴를 사용한다. 하지만, delayed triggerable은 Delayed Trigger 메뉴에서 더 세밀한 선택을 해야한다. 지연 후 즉시 실행되게 delayed time base를 설정하는 방법은,

1. **HORIZONTAL MENU → Time Base(main) → Delayed Only(side) → Delayed Runs After Main(side)**을 누른다.

2. 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 지연 시간을 설정한다.

Intensified(side) 를 누르면, 주 타임베이스 레코드 상에 intensified zone 이 디스플레이된다. 이 zone은 주 트리거와 비례하여 발생한 지연된 타임 베이스 레코드를 나타낸다. Delayed Runs After Main 모드에서는, intensified zone 의 시작은 지연된 타임 베이스 레코드의 시작과 일치하며, 그 zone 의 끝은 지연된 레코드의 끝과 일치한다.

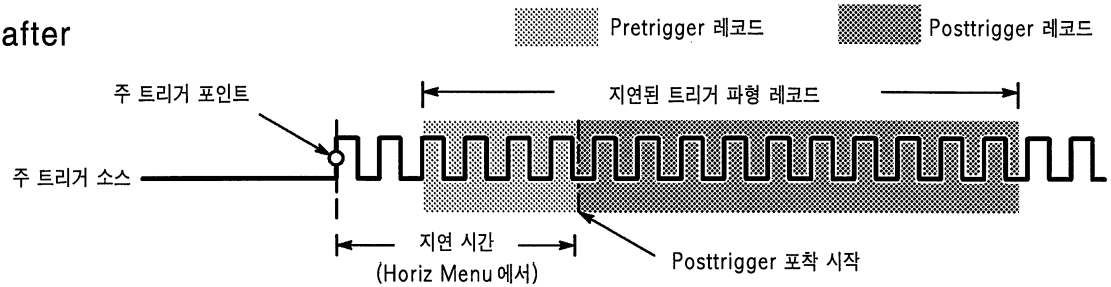
주 Intensified zone 은 DPO 모드 (TDS 500D 와 TDS 700D 모델에서만) 에서는 보이지 않는다. 3-66 쪽의 “비호환 모드”를 참고한다.

After Delay 트리거 방법

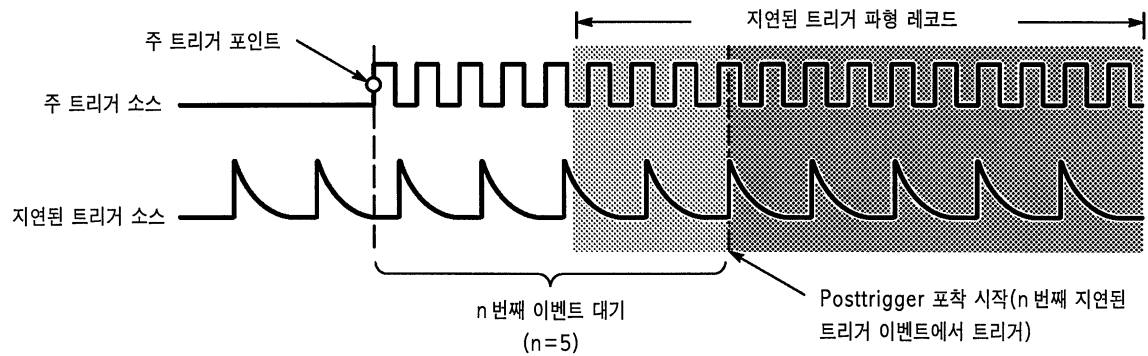
Main Trigger 메뉴 세팅이 Delayed Triggerable 과 호환되는지 확인하고 또한 그 모드를 선택하려면 다음과 같이 한다.

1. **TRIGGER MENU** 를 누른다.
2. **Type** 이 **Logic** 으로 설정되었으면, **Type(main)** 을 눌러서 어플리케이션에 따라 **Edge** 또는 **Pulse** 로 바꾼다. Logic 타입은 Delayed Triggerable 과 호환되지 않는다.
3. **Source** 가 **Auxiliary** 로 설정되었으면, **Source(main)** 를 누른다. 어플리케이션에 따라 Auxiliary 이외의 소스를 사이드 메뉴에서 선택한다.

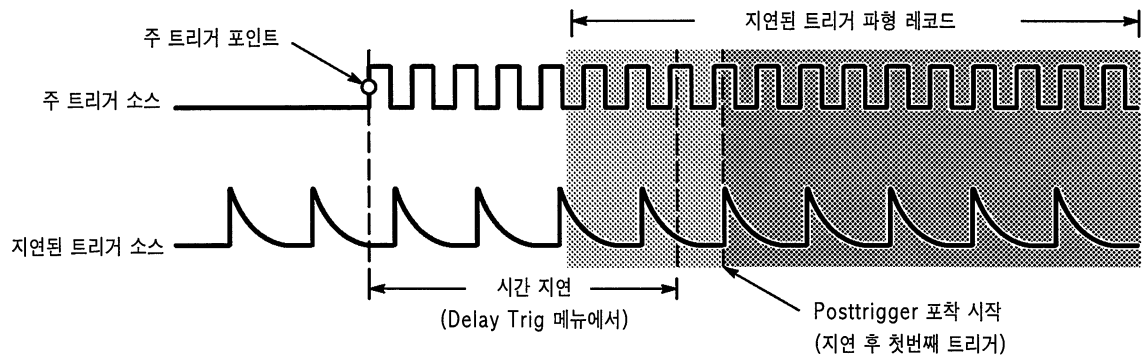
Delayed Runs after Main



Delayed Triggerable By Events



Delayed Triggerable By Time



Delayed Triggerable By Events/Time

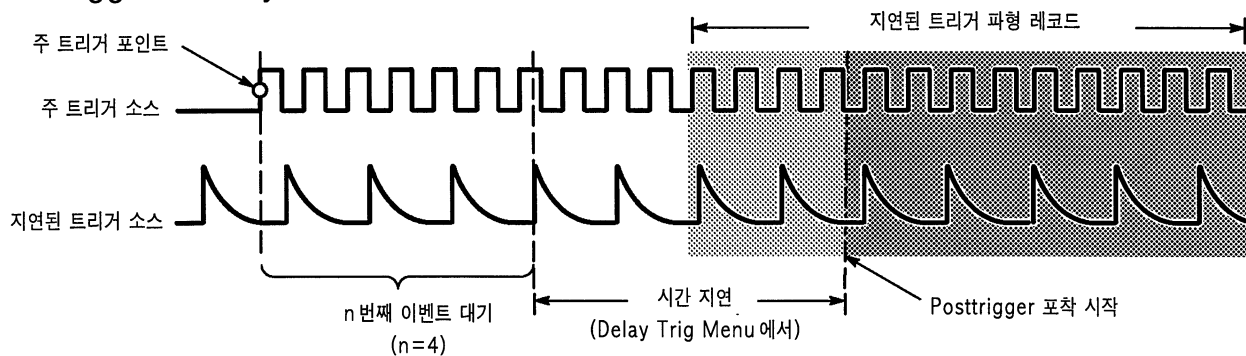


그림 3-56 지연된 트리거의 작동 원리

4. **Type**이 **Pulse**로 설정되었으면, **Class(main)**를 눌러서 어플리케이션에 따라 **Glitch** 또는 **Width**로 바꾼다. **Runt**나 **Slew Rate** 펄스 클래스는 **Delayed Triggerable**과 호환되지 않는다.
5. **HORIZONTAL MENU → Time Base(main) → Delayed Only(side) → Delayed Triggerable(side)**을 누른다.

주 **Delayed Triggerable** 메뉴 항목을 선택하려면 비호환성 **Main Trigger** 메뉴 세팅들이 먼저 제거되어야 한다(이 절차의 초기 단계를 참고). 그렇나 세팅들이 제거되지 않은 상태에서는 **Delayed Triggerable** 메뉴는 다른 메뉴 항목들에 비교하여 어렵게 나타난다.

Intensified(side)를 누르면, 주타임 베이스의 주 트리거와 비례하여 지연된 타임 베이스 레코드가 어디서 발생하는지를 보여주는 **intensified zone**을 디스플레이할 수 있다 (유효한 지연 트리거 이벤트가 반드시 입수되어야 함). **Delayed Triggerable After** 모드에서, **intensified zone**의 시작은 지연된 타임 베이스 레코드의 가능한 시작 포인트와 일치한다. 지연된 타임 베이스 레코드는 지연 시간이 지난 후 어떤 포인트에서든지 트리거될 수 있기 때문에 **Zone**은 주 타임 베이스의 끝까지 연결된다.

보통 파형과 **intensified** 파형의 강도를 정의하는 방법은 3-42쪽의 “강도 조절”을 참고한다.

그 다음에는, **Delayed Trigger** 메뉴를 불러와서 지연된 트리거 이벤트를 정의할 필요가 있다.

6. **SHIFT DELAYED TRIG → Delay by(main) → Triggerable After Time, Events,** 또는 **Events/Time(side)**을 누른다 (그림 3-57 참고).
7. 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 지연 시간 또는 이벤트를 입력한다. **Events/Time**을 선택했으면, **Time(side)**과 **Events(side)**를 사용하여 시간과 이벤트 수 세팅을 바꾼다.

힌트: **Delayed Trigger Menu**로 직접 이동할 수도 있다 (단계 6 참고). **Triggerable After Time, Events,** 또는 **Events/Time**을 선택하면, 오실로스코프는 **Horizontal** 메뉴에서 자동으로 **Delayed Triggerable**로 바꾼다. 하지만, **Delayed Triggerable**을 끝내려면 **Horizontal** 메뉴를 먼저 디스플레이해야 한다.

Source 메뉴는 어떤 입력을 지연된 트리거 소스로 할지 선택 가능하게 한다.

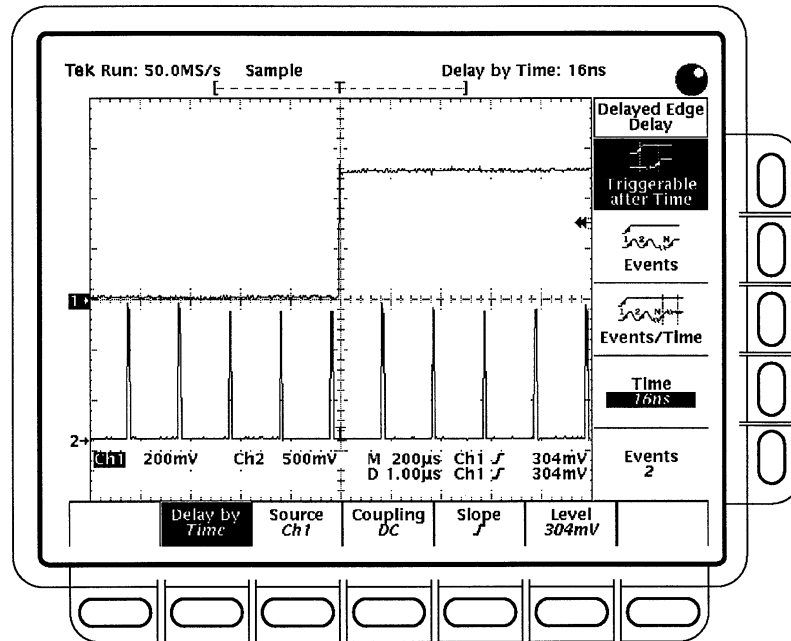


그림 3-57 지연된 트리거 메뉴

8. **Source(main)→Ch1, Ch2, Ch3, Ch4** 또는 **DC Aux(side)**를 누른다.

주 Main menu와 Delayed Triggering Menu에 양쪽에서 DC Aux를 소스로 선택하면 주 트리거 레벨과 지연된 트리거 레벨이 강제로 동시 조절된다. 그 소스가 DC Aux로 남아있는 이상, 두 시스템 중의 한 트리거 레벨을 조절하면 다른 쪽 시스템도 조절된다.

9. **Coupling(main)→Main Trigger, DC, 또는 Noise Rej(side)**를 눌러서 수신 신호가 지연된 트리거와 어떻게 결합되는지를 정의한다.

Main Trigger는 지연된 트리거 커플링을 주 트리거 커플링 세팅과 일치되도록 설정한다. DC와 Noise Rej 커플링 타입의 설명은 3-84쪽의 “커플링 지정 방법”을 참고한다.

10. **Slope(main)**를 눌러서 지연된 트리거가 발생할 슬로프를 선택한다. 상승 에지와 하강 에지 슬로프 중 하나를 선택한다.

파형을 포착하기 위하여 Delayed Triggerable 모드를 사용할 때, 두 개의 트리거 바가 디스플레이된다. 트리거 바 중의 하나는 주 트리거 시스템이 설정한 레벨을 표시하고 다른 하나는 지연된 트리거 시스템이 설정한 레벨을 표시한다.

11. **Level(main) → Level, Set to TTL, Set to ECL, 또는 Set to 50%(side)** 를 누른다.

Level에서는 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 지연된 트리거 레벨을 입력할 수 있다.

Set to TTL은 트리거 레벨을 +1.4V에 고정시킨다.

Set to ECL은 트리거 레벨을 -1.3V에 고정시킨다.

Set to 50%는 지연된 트리거 레벨을 지연된 트리거 소스 신호의 peak-to-peak 수치의 50% 레벨에 고정시킨다.

주 트리거 레벨 범위는 항상 중앙에서 ± 12 divisions에 고정되어 있다. 어떤 *Vertical Scale, offset* 및 위치의 조합 설정으로 얻어지는 트리거 범위로 인해 **Set to TTL** 또는 **Set to ECL**을 원하는 설정으로 맞출 수 없는 경우가 있다. 이럴 때는 트리거 레벨을 원하는 값에 가깝게 설정한다.

파형 측정

파형을 측정할 때 TDS 오실로스코프를 최대한으로 활용하려면, 5가지 형식 또는 클래스로 측정하는 방법을 알아두는 것이 좋다. 이 단위에서는 다음과 같은 클래스의 측정 방법에 대해 설명한다(그림 3-58은 5가지 측정 클래스가 모두 나와 있다.).

- *Automated*는 파형 측정을 자동으로 실행하고 디스플레이한다.
- *Cursor*는 한 파형 레코드에서 두 개 위치의 차이점(시간 또는 전압)을 측정한다.
- *Graticule*은 화면의 계수판 눈금을 세어 신속하게 측정한다.
- *Histogram*은 수직 및 수평 단위가 히스토그램 상자에서 어떻게 변하는지 나타내고 자동으로 측정한다.
- *Masks*는 마스크를 계산하고, 선택하고, 수정한다.

이 단원은 사용자가 측정의 정확성을 최대한으로 기할 수 있도록 하기 위한 *Probe Cal*, *Channel/Probe Deskew*, 그리고 *Signal Path Compensation*의 사용법에 대해서도 설명하고 있다.

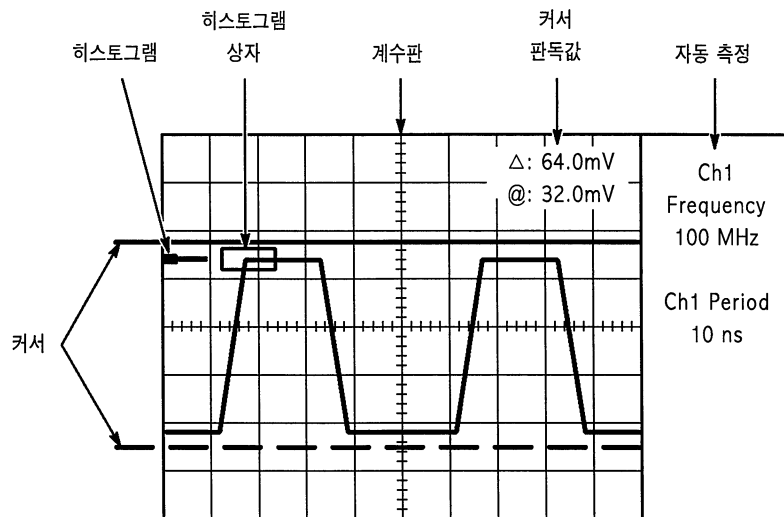


그림 3-58 히스토그램, 계수판, 커서, 자동 측정

자동 측정

TDS 오실로스코프는 파형 측정을 자동으로 실행하고 디스플레이하는 **Measure** 기능을 제공한다. 이 단원에서는 오실로스코프를 자동 측정으로 설정하는 방법을 설명한다.

자동 측정은 파형 레코드 포인트를 사용하기 때문에, 커서 또는 계수판 방법보다 일반적으로 더 정확하고 신속하다. 오실로스코프는 이 측정 정보를 계속적으로 갱신하고 디스플레이 해준다.

자동 측정은 전체 파형 레코드를 상대로 실행되지만, 게이트 측정을 지정하면 (3-130 쪽 참고), 수직 커서가 지정한 지역에서만 측정이 실행된다. 자동 측정은 디스플레이된 파형 부분에서는 실행되지 않는다.

오실로스코프는 또한 거의 모든 측정들을 동시에 디스플레이할 수 있다. 3-135 쪽의 “측정의 스냅샷 찍기”를 참고한다.

측정 목차

TDS 오실로스코프에는 자동 측정 기능이 있다. 표 3-11은 오실로스코프의 자동 측정들을 간략하게 정의한 것이다. 자세한 설명은 B-1 쪽의 “부록 B: 알고리즘”을 참고한다.

표 3-11 측정 정의

종류	정의
 Amplitude	전압 측정 단위. 전체 파형이나 게이트 지역에서 측정된 High에서 Low를 뺀 수치. $Amplitude = High - Low$
 Area	시간당 측정된 전압. 전체 파형 또는 게이트된 지역의 면적을 volt/seconds로 표시. 그라운드 위에서 측정된 면적은 포지티브, 그라운드 아래는 네거티브.
 Cycle Area	시간당 측정된 전압. 파형 또는 게이트된 지역의 맨 처음 사이클의 면적을 volt/seconds로 표시. 그라운드에서 측정된 면적은 포지티브, 그라운드 아래는 네거티브.
 Burst Width	타이밍 측정. 버스트의 지속시간. 전체 파형이나 게이트 지역에서 측정.
 Cycle Mean	전압 측정. 파형 안의 첫번째 사이클 또는 게이트 지역의 첫번째 사이클의 대수적 평균.

표 3-11 측정 정의(계속)

종류	정의
 Cycle RMS	전압 측정. 파형 안의 첫번째 사이클 또는 게이트 지역 안의 첫번째 사이클에서 측정된 실제 Root Mean Square 전압.
 Delay	타이밍 측정. 두개의 다른 트레이스 또는 트레이스의 게이트 지역 사이의 MidRef 교차 사이의 시간.
 Fall Time	타이밍 측정. 파형 또는 게이트 지역 안의 첫번째 펄스의 하강 에지를 대상으로 측정된 시간.High Ref value(디폴트 = 90%)에서 최종 수치인 Low Ref value(디폴트 = 10%)까지 하강하는 시간.
 Frequency	파형 또는 게이트 지역 안의 첫번째 사이클의 타이밍 측정. 그 주기의 역수. 측정 단위는 Hertz(Hz)(1Hz=1 사이클 / 초).
 High	High Ref,Mid Ref,그리고 Low Ref 수치가 필요할 때는 (하강 시간과 상승 시간 측정에서와 같이) 언제나 100%로 사용된다. Min/max 또는 막대그래프를 사용하여 계산될 수 있다. Min/max 방법에서는 탐지된 최대치를 사용한다. 막대그래프 방법에서 중간 포인트 이상에서 발견된 최대 공동치를 사용한다. 전체 파형 또는 게이트 지역에서 측정된다.
 Low	High Ref,Mid Ref,그리고 Low Ref 수치가 필요할 때는 (하강 시간과 상승 시간 측정과 같이) 언제나)%로 사용된다. Min/max 또는 히스토그램(막대 그래프)을 사용하여 계산될 수 있다. Min/max 방법에서는 탐지된 최소치를 사용한다. Histogram 방법에서는 중간 포인트 이하에서 발견된 최대 공동치를 사용한다. 전체 파형 또는 게이트 지역에서 측정된다.
 Maximum	전압 측정. 최대 진폭. 일반적으로 가장 포지티브한 최대 전압. 전체 파형 또는 게이트 지역을 측정한다.
 Mean	전압 측정. 전체 파형이나 게이트 지역의 대수적 평균.
 Minimum	전압 측정. 최저 진폭. 일반적으로 가장 네거티브한 peak voltage. 전체 파형 또는 게이트 지역을 측정한다.
 Negative Duty Cycle	파형이나 게이트 지역 안의 첫번째 사이클의 타이밍 측정. 네거티브 펄스 폭과 신호 주기 배율을 퍼센티지로 표시한 것. $NegativeDutyCycle = (NegativeWidth/Period) \times 100\%$
 Negative Overshoot	전압 측정. 전체 파형이나 게이트 지역에서 측정. $NegativeOvershoot = (Low-Min/Amplitude) \times 100\%$
 Negative Width	파형이나 게이트 지역 안의 첫번째 펄스의 타이밍 측정. 네거티브 펄스의 MidRef(디폴트 50%) 진폭 포인트들 사이의 거리 (시간).
 Peak to Peak	전압 측정. 전체 파형 또는 게이트 지역 안에서 최대 및 최저 진폭 사이의 절대적 차이.

표 3-11 측정 정의(계속)

종류	정의
 Phase	타이밍 측정. 한 파형이 다른 파형을 lead 또는 lag 하는 시간. 각도로 표시된다. 파형의 한 사이클은 360° 이다.
 Period	타이밍 측정. 파형이 게이트 지역 안에서 첫번째 완전한 신호 사이클이 이루어지는데 걸리는 시간. 주파수의 역수. 초로 표시.
 Positive Duty Cycle	파형이나 게이트 지역 안에서 첫번째 사이클의 타이밍 측정. 포지티브 펄스 폭과 신호 주기 비율을 백분율로 표시. $PositiveDutyCycle = (NegativeWidth/Period) \times 100\%$
 Positive Overshoot	전압 측정. 전체 파형이나 게이트 지역에서 측정. $PositiveOvershoot = (Low-High/Amplitude) \times 100\%$
 Positive Width	파형이나 게이트 지역 안의 첫번째 펄스 타이밍 측정. 포지티브 펄스의 MidRef(디폴트 50%) 진폭 포인트들 사이의 거리 (시간).
 Rise Time	타이밍 측정. 파형이나 게이트 지역 안에서 파형이나 게이트 지역의 첫번째 펄스의 리드 에지가 Low Ref 수치 (디폴트 = 10%)에서 최종 수치의 High Ref 수치 (디폴트 = 90%)까지 상승하는데 걸리는 시간.
 RMS	전압 측정. 전체 파형이나 게이트 지역의 실제 Root Mean Square 전압.
Extinction Ratio	광학 측정(TDS500D 와 TDS 700D 만 해당). 값 High/Low
Extinction %	광학 측정(TDS500D 와 TDS 700D 만 해당). 값 (100/Extinction Ratio)
Extinction dB	광학 측정(TDS500D 와 TDS 700D 만 해당). 값 (10*log10(Extinction Ratio))
Mean dBm	광학 측정(TDS500D 와 TDS 700D 만 해당). 평균 광학력 (10*log10(Mean/0.001))

측정 판독값

메뉴 디스플레이가 없을 때의 측정 판독은 디스플레이 계수판의 맨 우측에 나타난다(그림 3-59 참고). 한번에 4 개까지의 측정을 디스플레이할 수 있고 그 정보는 계속적으로 갱신된다. 어떤 메뉴가 디스플레이되면 판독은 계수판 지역의 우측으로 이동한다. TimeStamp는 측정 판독값을 사용하므로 FastFrame TimeStamp를 켜면 측정이 꺼지고, 측정을 켜면 FastFrame TimeStamp가 꺼진다.

측정 1은 맨 위의 판독이다. 측정 2는 바로 그 아래에, 그리고 그 다음 측정은 그 아래에 차례로 나타난다. 측정 판독이 화면에 디스플레이되면, 그 위의 측정 판독을 제거하더라도 나머지 판독은 제자리에 남는다.

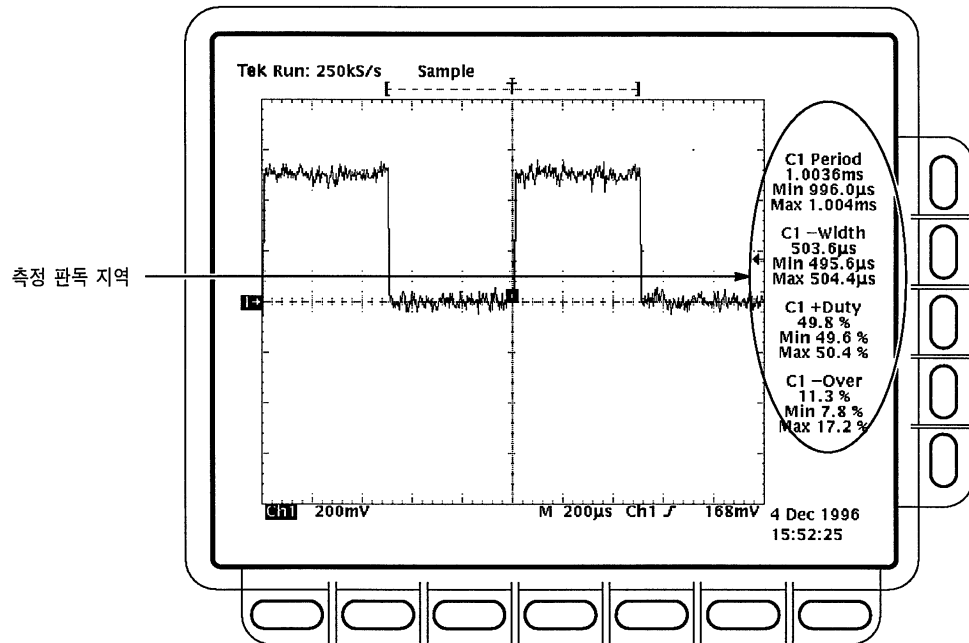


그림 3-59 통계가 있는 측정 판독값

디스플레이 측정

자동 측정을 사용하려면, 우선 측정할 파형의 안정적인 디스플레이를 확보해야 한다 (AUTOSSET을 누르면 도움이 됨). 일단 안정된 디스플레이를 얻으면, 다음을 실행한다 (그림 3-60 참고).

1. TDS 600B: **MEASURE** → **Select Measrmnt(main)**를 누른다.
2. TDS 500D와 TDS 700D: **MEASURE** → **Measure(pop-up)** → **Select Measrmnt(main)**를 누른다.
3. 사이드 메뉴에서 측정 1을 선택한다. 자동 측정을 실행할 때에는 다음과 같은 규칙이 있다.
 - 측정의 동시 디스플레이는 넷까지다. 5번째 측정을 추가하려면 그전 것을 하나 제거해야 한다.
 - 측정의 소스를 변경하려면 다른 채널을 하나 선택한 다음, 원하는 측정을 택하면 된다.
 - 잡음이 심한 신호들을 자동 측정할 때에는 조심해야 한다. 원하는 파형이 아닌 소음의 주파수를 측정하는 결과가 될 수도 있기 때문이다. 오실로스코프는 low signal amplitude나 low resolution 경고 메시지를 디스플레이하여 그러한 경우를 확인하는 데에 도움을 준다.

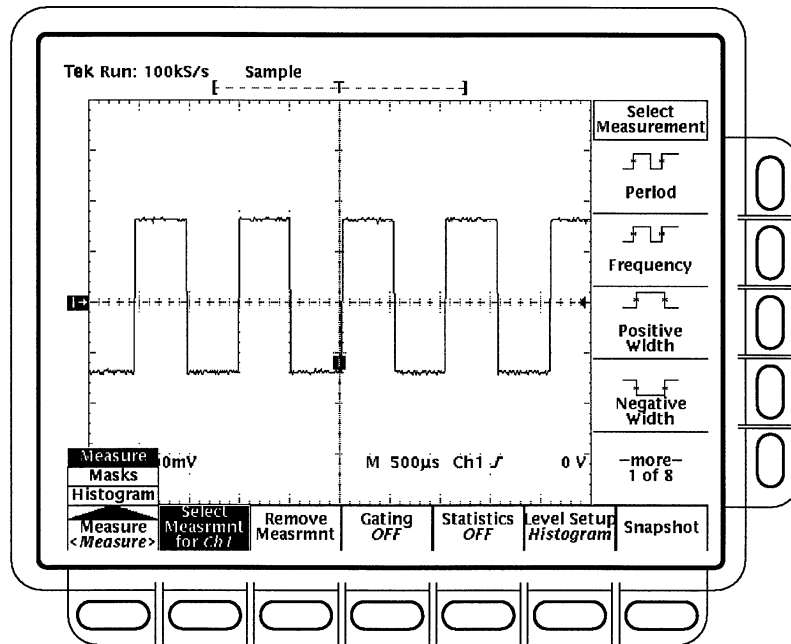


그림 3-60 측정 메뉴

- Extended Acquisition 모드와 높은 수준의 파형 압축을 사용하여 자동 측정을 할 때는 조심해야 한다. 압축 때문에 일부 측정에 필요한 신호 속성이 지워질 수 있다.

측정치 제거

Remove Measrmnt는 판독 위치에 따라서 측정을 디스플레이에서 제거하는데 있어서 정확한 선택을 제공한다. 측정을 제거하려면 다음과 같이 한다.

1. TDS 600B: **MEASURE** → **Remove Measrmnt**(main) 를 누른다.
2. TDS 500D 와 TDS 700D: **MEASURE** → **Measure**(pop-up) → **Remove Measrmnt**(main) 를 누른다.
3. 제거할 측정을 사이드 메뉴에서 선택한다. 측정들을 한번에 모두 제거하려면, **All Measurements**(side) 를 누른다.

게이트 측정

게이팅 기능은 파형의 어느 지정된 부분만을 측정하도록 해준다. 게이팅이 **OFF**면, 오실로스코프는 파형 레코드 전체를 측정한다.

게이팅이 작동되면, 수직 커서들이 디스플레이된다. 이 커서들을 사용하여 오실로스코프가 측정하려는 파형 부분을 지정한다 (이 부분을 게이트 지역이라고 한다). 측정을 게이트하려면 다음 절차를 밟는다.

1. TDS 600B: MEASURE → Measure(pop-up) → Gating(main) → Gate with V Bar Cursors(side) 를 누른다 (그림 3-61 참고).
2. TDS 500D 와 TDS 700D: MEASURE → Measure(pop-up) → Gating(main) → Gate with V Bar Cursors(side) 를 누른다 (그림 3-61 참고).

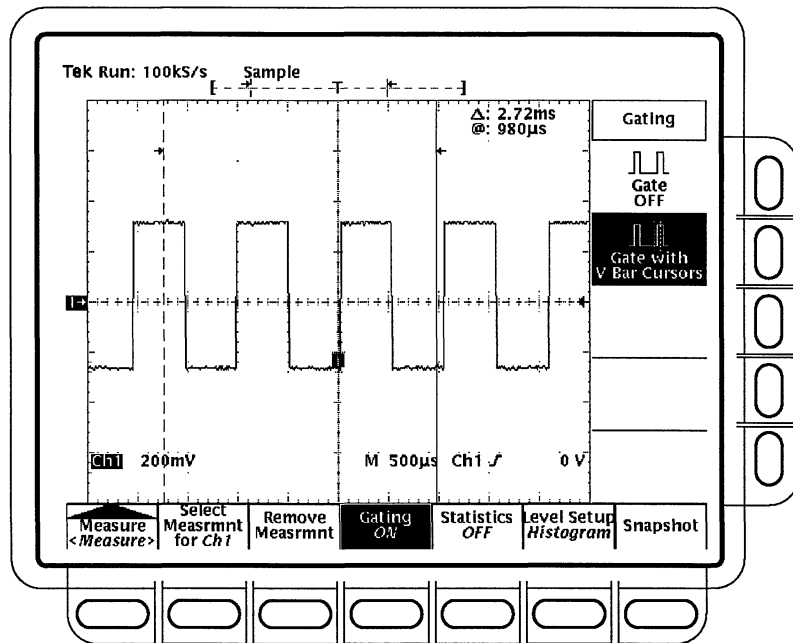


그림 3-61 측정 메뉴 - 게이팅

3. 범용 노브를 사용하여 선택된 (액티브) 커서를 이동한다. **SELECT** 를 눌러서 액티브 커서를 바꾼다.

커서 메뉴를 디스플레이하고 V Bar 커서를 끈다고 해서 게이팅 자체가 꺼지지는 않는다. (게이팅 화살표가 화면에 계속 남아 측정이 게이트된 지역을 표시해준다.) Gating 사이드 메뉴에서 게이팅을 꺼야한다.

주 커서들은 선택한 파형과 관련되어 디스플레이된다. 그렇기 때문에 두 개의 파형을 사용하여 측정을 할 경우, 혼돈이 일어날 수 있다. 수평 고정을 풀고 다른 파형에서 독립된 한 파형의 수평 위치를 수정하는 경우, 커서는 선택한 파형과 관련된 요청한 위치에 나타난다. 이때 게이트된 측정들은 정확한 값을 계속 유지하지만, 디스플레이된 커서들의 위치는 선택한 파형을 바꿀 때 같이 바뀐다.

High-Low 설정 정의

오실로스코프는 히스토그램과 *min-max*의 두 세팅을 제공한다. 이들 세팅은 측정이 어떻게 파형의 High와 Low 레벨을 결정하는지 보여준다. High-low 설정을 사용하는 방법은,

TDS 600B 모델 : **MEASURE → High-Low Setup(main) → Histogram** 또는 **Min-Max(side)**를 누른다. **Min-Max**를 선택하는 경우에는, 이 사이드 메뉴를 사용하여 참고 수준을 확인하거나 수정할 수 있다.

TDS 500D와 TDS 700D 모델 : **MEASURE → Measure(pop-up) → Level Setup(main) → Histogram** 이나 **Min-Max(side)**를 누른다. **Min-Max**를 선택한 경우에는 이 사이드 메뉴를 사용하여 참고 수준을 확인하거나 수정할 수 있다.

*Histogram*은 수치들을 통계적으로 설정한다. 중간 포인트의 위 또는 아래에서 가장 공통적인 수치를 선택한다(high 또는 low 기준 레벨을 정의하는가에 따라 다름). 이 통계적 방법은 일시적 이상 현상(overshoot ringing 등)을 무시하기 때문에, 막대 그래프가 펄스를 검사하는 데에는 가장 적절한 세팅이다.

*Min-max*는 파형 레코드의 최고 그리고 최저 수치를 사용한다. 이 세팅은 공통적 수치에서 사인파 또는 삼각파와 같이 큰 파형이나 평평한 부분이 없는 파형, 즉, 펄스를 제외한 거의 대부분의 파형을 검사하는데 가장 적절하다.

기준 레벨의 정의

기준 레벨을 일단 정의하면, 오실로스코프는 그러한 레벨을 요구하는 모든 측정에서 정의된 기준 레벨을 사용하게 된다. 기준 레벨을 설정하는 방법은,

1. TDS 600B 모델 : **MEASURE → Reference Levels(main) → Set Levels(side)**를 누른다.
2. TDS 500D와 TDS 700D 모델 : **MEASURE → Measure(pop-up) → Level Setup(main) → Set Levels(side)**를 누른다.

Reference 를 High(100%) 와 Low(0%) 에 비례하여 % 로 설정한 것인지 또는 선택한 파형의 유닛으로(일반적으로 volts) 명확하게 설정한 것인지를 선택한다(그림 3-62 참고). 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 수치를 입력한다.

% 는 디폴트로서 일반 용도에 적합하다.

Units는 수치를 정확하게 설정하는데 도움을 준다. 예를 들어, RS-232-C 회로의 규격을 측정할 경우, high 와 low 기준을 정의하여 레벨을 RS-232-C 규격 전압에 정확하게 설정한다.

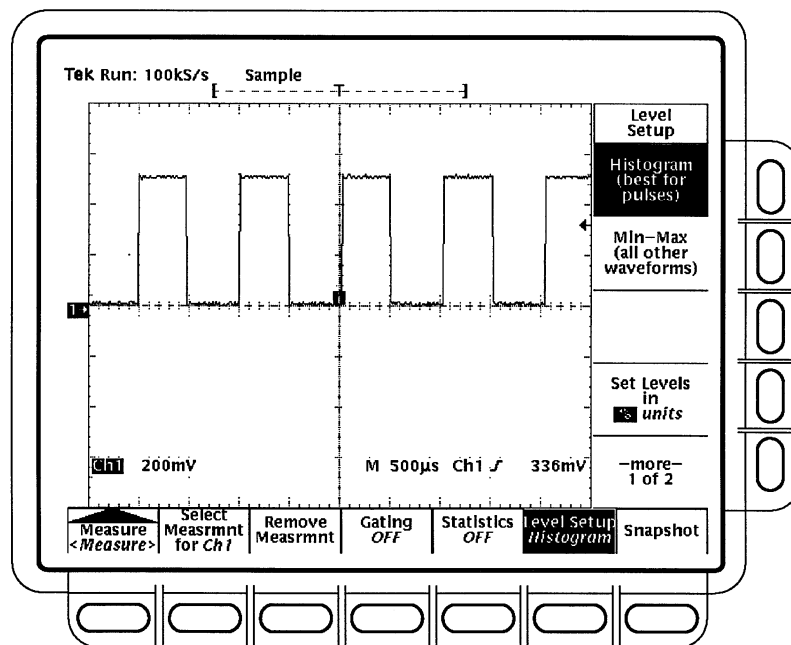


그림 3-62 측정 메뉴 - 기준 레벨

3. **High Ref, Mid Ref, Low Ref, 또는 Mid2 Ref(side)**를 누른다.

└─

High Ref — 상위 기준 레벨을 설정한다. 디폴트는 90%

└─

Mid Ref — 중간 기준 레벨을 설정한다. 디폴트는 50%

└─

Low Ref — 하위 기준 레벨을 설정한다. 디폴트는 10%

└─

Mid2 Ref — Delay 또는 Phase Measurements 안에서 지정한 두번째 파형에서 사용한 중간 기준 레벨을 설정한다. 디폴트는 50%

지연 측정

지연 측정은 선택한 파형 상의 한 에지에서 다른 파형의 에지까지를 측정하도록 해준다. 지연 측정을 하는 방법은,

1. TDS 600B: **MEASURE** → **Select Measrmnt(main)** → **Delay(side)** → **Delay To(main)** → **Measure Delay to** 를 누른다.
2. TDS 500D 와 TDS 700D: **MEASURE** → **Measure(pop-up)** → **Select Measrmnt(main)** → **Delay(side)** → **Delay To(main)** → **Measure Delay to** 를 누른다.
3. **Measure Delay to(side)**를 반복적으로 눌러서 Delay to waveform을 선택한다. 선택 사항으로는 **CH1, CH2, CH3, CH4, Math1, Math2, Math3, Ref1, Ref2, Ref3**, 그리고 **Ref4** 가 있다.

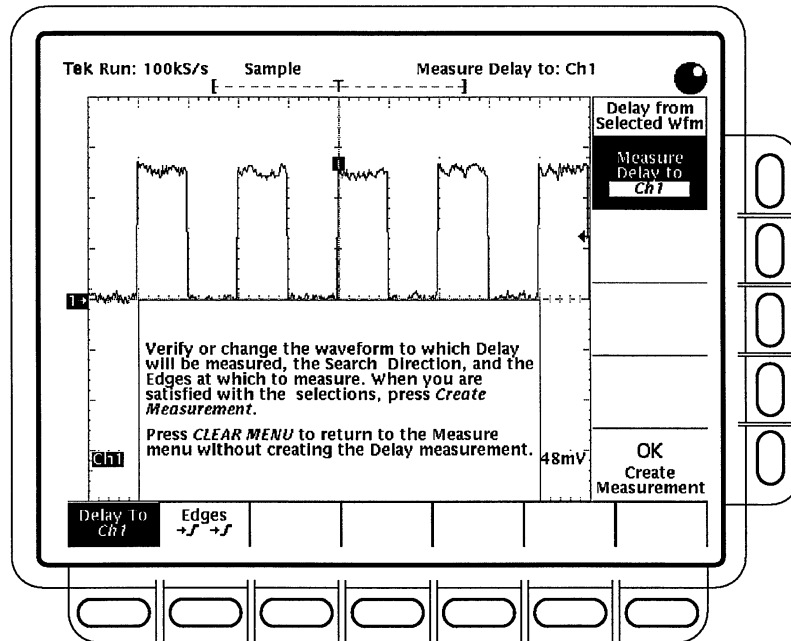


그림 3-63 측정 지연 메뉴 - Delay To

방금 실행한 것은 측정하고자 하는 목표 (*to*) 파형을 선택하는 절차이다. 사용자가 delay from 을 측정하고 있는 파형은 선택된 파형이다 (그림 3-63 참고).

4. TDS 600B: **MEASURE→Select Measrmnt(main)→Delay(side)→Edges(main)**를 누른다.
5. TDS 500D 와 TDS 700D: **MEASURE → Measure(pop-up) → Select Measrmnt(main) → Delay(side) → Edges(main)**를 누른다.

Delay edges 와 directions 를 선택할 수 있는 사이드 메뉴가 나타날 것이다. 아래 정보를 이용하여 사이드 메뉴에 디스플레이된 조합 중의 하나를 선택한다.

- 사용자가 고른 선택에 따라 지연 측정을 원하는 두 대상 예지가 정해진다.
- 각 아이콘의 위쪽 파형은 출발 *from* 파형, 아래쪽 파형은 도착 *to* 파형을 각각 나타낸다.
- 방향 화살표는 검색할 때 그 진행 방향을 양 파형에서 앞으로,출발 *from* 파형에서 앞으로,또는,도착 *to* 파형에서 역순으로 할 것인가의 방향 지시를 한다. 마지막 선택 방법은 두 대상 예지를 다른 것에서 격리시키는 데 유용하다.

6. 지정한 측정을 실행하려면,**Delay To(main)→OK Create Measurement(side)**를 누른다.

지연 측정을 하지 않고 Measure Delay 메뉴를 끝내려면,**CLEAR MENU**를 눌러 Measure 메뉴로 돌아간다.

측정의 스냅샷 찍기

사용자가 모든 자동 측정을 화면에서 한눈으로 다 보기를 원할 때가 있다. 이럴 때, Snapshot을 이용한다. Snapshot은 선택한 파형에서 사용 가능한 모든 개별 파형 측정들을 동시에 실행하고,그 결과를 디스플레이한다(측정은 지속적으로 갱신되지 않는다). 3-126쪽의 표 3-11에 열거된 측정들이 Delay와 Phase를 제외하고 모두 열거된다. Delay와 Phase는 이중 파형 측정으로서 Snapshot과 함께 사용될 수 없다.

Snapshot의 판독 범위는 pop-up 디스플레이로서 계수판의 약 80%를 차지한다(그림 3-64 참고). 어떤 채널 그리고 어떤 ref memory에서든지 snapshot 디스플레이를 할 수 있지만 한번에 하나의 스냅샷만 디스플레이한다.

Snapshot을 사용하려면, 측정할 안정된 파형 디스플레이를 먼저 구한다(AUTOSET을 누르면 도움이 된다.). 그 다음 아래 절차를 실행한다.

1. TDS 600B: **MEASURE** → **SNAPSHOT**(main)을 누른다.
2. TDS 500D와 TDS700D: **MEASURE** → **Measure**(pop-up) → **SNAPSHOT**(main)을 누른다.
3. **SNAPSHOT**(main) 또는 **AGAIN**(side)을 눌러서 다른 snapshot을 찍는다.

주 Snapshot 디스플레이는 snapshot이 만들어지고 있는 채널을 알려준다.

4. **Remove Measrmnt**를 누른다.

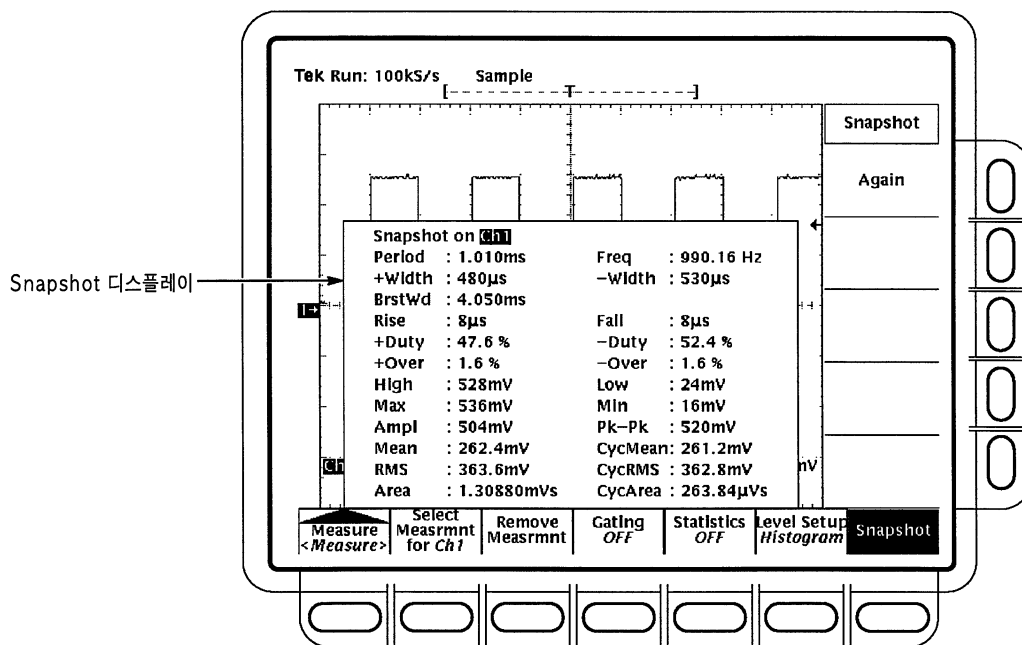


그림 3-64 Snapshot Menu 와 판독

Snapshot 을 찍을 때 다음과 같은 규칙 사항을 고려해야 한다.

- Snapshot을 찍기 전에 적절한 파형을 먼저 디스플레이한다. Snapshot은 파형이 부정확하게 스케일 (clipped, low signal amplitude, low resolution 등) 이 되어도 경고를 해주지 않는다.
- Snapshot 소스를 바꾸려면, 다른 채널, 연산, 또는 ref memory 파형을 선택하고 Snapshot 을 다시 실행하기만 하면 된다.
- Snapshot 은 싱글 파형 포착 (또는 포착 순서) 에서 찍힌 것이다. Snapshot 디스플레이안의 측정은 계속적으로 갱신되지 않는다.
- 노이즈 신호들을 자동 측정할 때 조심한다. 원하는 파형 대신에 노이즈의 주파수를 측정하는 수가 있기 때문이다.
- 주 메뉴에 있는 단추나 새로운 메뉴를 디스플레이하는 프론트 패널 단추를 누르면 Snapshot 이 화면에서 없어진다는 점에 유의한다.
- Select Measrmnt menu에서 개별적 측정을 디스플레이할 때와 똑같은 방법으로 High-Low Setup (3-132 쪽), Reference Levels (3-132 쪽), 그리고 Gated Measurements (3-130 쪽) 를 Snapshot 과 함께 사용한다.

측정 통계 디스플레이 (TDS 500D 와 TDS 700D에만 적용)

측정 통계에는 각 측정에 대한 정보가 표시된다 (3-129쪽 그림 3-59 참고). 측정 내용이 갱신되면 화면에 표시된 수치도 바뀐다. 측정 통계에는 평균과 표준 편차나 측정 최소값과 최대값이 나타난다.

주 위상, 지연, 히스토그램에 대한 통계는 표시되지 않는다.

측정 통계를 표시하려면 우선 측정 파형의 안정적인 디스플레이를 확보해야 한다. 다음 절차대로 한다.

1. **MEASURE → Measure(pop-up) → Statistics(main) → Statistics Min/Max** 나 **Statistics Mean/StdDev(side)** 를 누른다.

Statistics Min/Max — 측정에 대한 최소값과 최대값 통계를 표시한다.

Statistics Mean/StdDev — 측정에 대한 평균과 표준 편차 통계를 표시한다.

2. 측정 통계에 있는 측정 수를 설정하려면 **MEASURE → Measure(pop-up) → Statistics(main) → Statistics Weights(side)** 를 누르고 숫자를 입력한다.
3. 측정 통계를 끄려면 **MEASURE → Measure(pop-up) → Statistics(main) → Statistics Off(side)** 를 누른다.

더 자세한 정보 찾기

자동 측정 방법을 보여주는 화면 지침서의 도움이 필요할 때는 2-22쪽의 “Example3: 자동 측정”을 참고한다.

오실로스코프의 각 자동 측정 계산법에 대해서는 B-1 쪽의 “부록 B: 알고리즘”을 참고한다.

커서 측정

TDS 오실로스코프는 파형 레코드 안의 두 지점 사이의 차이(시간 또는 전압)를 측정하는 커서들을 제공한다. 이 단원에서는 커서들에 대해 설명한다. 즉, 그 타입과 모드를 선택하는 법, 디스플레이하는 법, 그리고 측정할 때의 사용법을 설명한다.

커서 측정은 빠르며 실행하기가 쉽다. 커서는 두개의 마커로 구성되어 있고 범용 노브로 그 위치들을 조정한다. 커서의 모드에 따라서 커서 하나를 독립적으로 움직일 수 있고, 또는 두 개를 한 쌍으로 움직일 수 있다. 커서를 포지션하는데 따라, 디스플레이 판독이 측정 정보를 보고하고 갱신해 준다.

커서 타입 커서 타입에는 세 가지가 있다. 즉, *horizontal bar*, *vertical bar*, *paired*(그림 3-65).

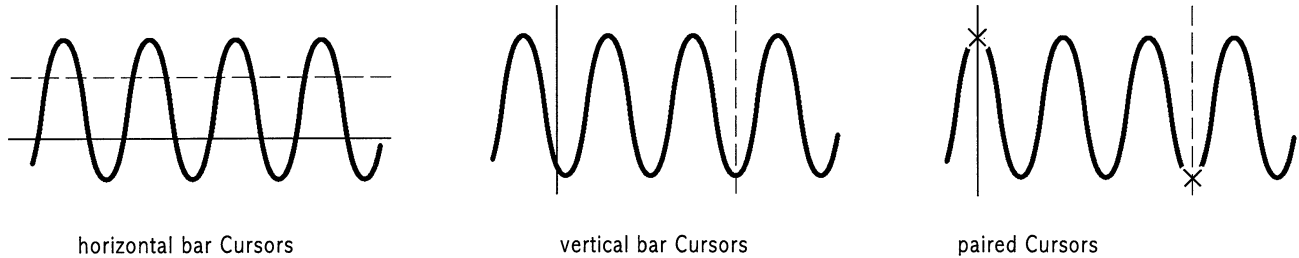


그림 3-65 커서 종류

*Horizontal bar cursor*는 수직 파라미터 (대표적으로 volts)를 측정한다.

*Vertical bar cursor*는 수평 파라미터 (대표적으로 시간 또는 주파수)를 측정한다.

*Paired cursors*는 수직 파라미터 (대표적으로 volts)와 수평 파라미터 (대표적으로 시간)을 동시에 측정한다.

그림 3-65를 보면, 두 쌍 커서들이 각각 X와 짝을 지우고 있는 긴 수직 바를 하나씩 가지고 있다. 이 X는 수직 파라미터(대표적으로 volts)를 측정한다. 그리고, 긴 수직 바는 수평 파라미터 (대표적으로 시간 또는 주파수)를 측정한다(3-140 쪽의 “커서 판독”을 참고).

주 커서가 연산 파형들을 측정할 때 그 측정 항목이 주파수, 또는 전압이 아닐 수도 있다. 시간, 주파수, 또는 전압이 아닌 연산 파형들의 커서 측정은 3-206 쪽의 파형연산에서 설명하고 있다.

커서 모드 커서 모드에는 Independent와 Tracking의 두 가지가 있다(그림 3-66 참고).

Independent 모드에서는 범용 노브를 사용하여 한 번에 한 커서만 움직일 수 있다. 액티브(즉 선택된) 커서는 하나의 실선으로 나타난다. 선택된 커서를 바꾸려면 **SELECT**를 누른다.

Tracking 모드에서는 범용 노브를 사용하여 양 커서를 같이 종대로 움직인다. 이 두 커서는 한 고정된 거리 (시간 또는 전압) 를 유지한다. 커서 트래킹을 임시로 중단하려면 **SELECT** 를 누른다. 그 다음, 범용 노브를 사용하여 실선 커서와 점선 커서 사이의 거리를 조절할 수 있다. 한번 더 누르면, 커서를 다시 트래킹으로 돌려놓는다.

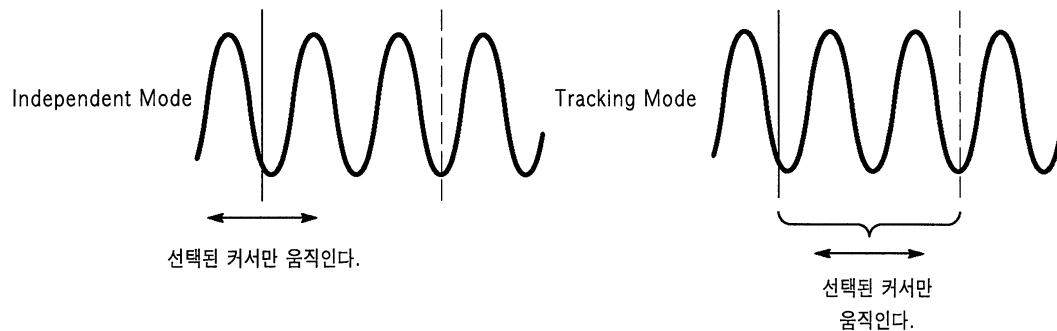


그림 3-66 커서 모드

커서 판독

커서 판독은 선택된 커서의 절대 위치와 선택된 커서와 선택되지 않은 커서 사이의 거리를 보여준다. 판독은 선택된 커서 타입(H Bar, V Bar, 또는 Paired)에 따라 다르게 나타난다.

H Bar △에 뒤따르는 수치는 커서와 커서 사이의 전압 차이를 나타낸다. @에 뒤따르는 수치는 그라운드에 대한 선택한 커서의 전압을 나타낸다 (그림 3-67 참고). Video trigger 옵션을 택하면, 전압을 IRE 단위로 나타낸다.

V Bar △에 뒤따르는 수치는 커서와 커서 사이의 시간(또는 주파수) 차이를 나타낸다. @에 뒤따르는 수치는 트리거 포인트에 대한 선택된 커서의 시간(주파수)을 나타낸다. Video option을 택하면, 라인 넘버도 디스플레이할 수 있다.

TDS 500D와 TDS 700D 모델에만 적용: FastFrame 모드에서, @는 선택된 커서가 있는 프레임의 트리거 포인트에 대한 커서의 타임 포지션을 나타낸다. △는 두 커서가 같은 한 프레임 속에 있을 때에만 그 커서 사이의 시간 차이를 나타낸다.

Paired △에 뒤따르는 수치는 두 X 사이의 전압 차이를 나타내고 다른 △는 두 개의 긴 수직 바 사이의 시간(또는 주파수) 차이를 나타낸다. @ 다음의 수치는 선택한 커서의 X의 전압을 그라운드와 비교하여 보여준다(그림 3-68 참고).

TDS 500D와 TDS 700D 모델에만 적용: FastFrame 모드에서,△는 두 커서가 같은 한 프레임 속에 있을 때에만 그 커서 사이의 시간 차이를 나타낸다.

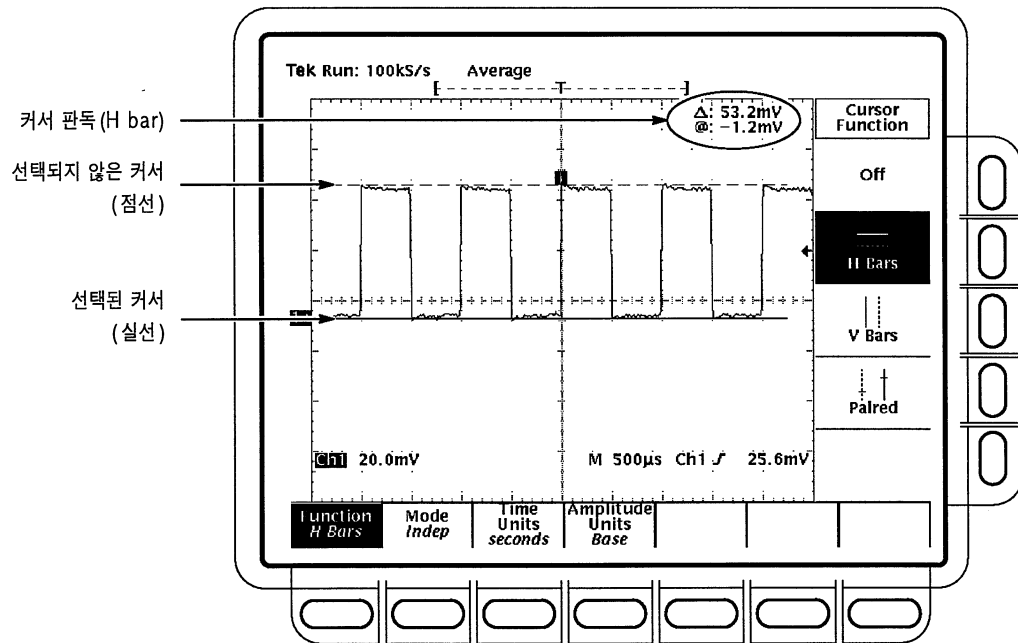


그림 3-67 H Bar 커서 메뉴와 판독

쌍 커서들은 화면에 남아있을 때에만 전압 차이를 보여준다. 만약 쌍 커서가 수평으로 이동하여 화면에서 없어지면, 커서 판독 안에는 전압 수치 대신에 Edge라는 단어가 나온다.

커서 기능의 선택

커서 측정을 위한 자세한 절차는 아래와 같다. 원하는 타입의 커서를 선택하려면 아래와 같은 단계를 순서대로 수행한다.

1. 커서 메뉴를 디스플레이하려면, **CURSOR** 를 누른다(그림 3-67 참고).
2. **FUNCTION(main) → H Bar, V Bar, Paired**, 또는 **Off(side)** 를 누른다.

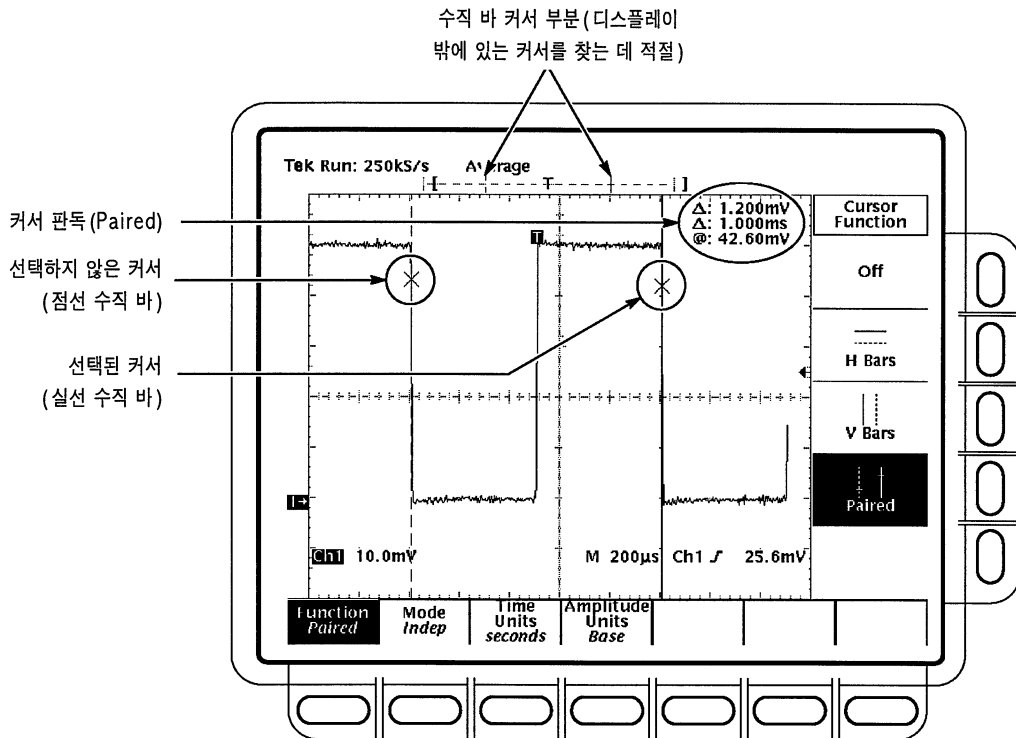


그림 3-68 쌍 커서 메뉴와 판독

모드 설정과 커서 조절

커서 모드를 선택하고 커서를 선택한 모드에서 조절하려면 다음을 수행한다.

1. **CURSOR** → **Mode(main)** → **Independent** 또는 **Track(side)**를 누른다.

Independent는 각 커서의 위치를 다른 커서의 위치에 상관 없이 정하게 한다.

Track은 두 커서의 위치를 한 종대로 같이 움직이게 한다. 다시 말해서, 두 커서는 한 몸이 되어 같이 움직이며 이때 서로 간의 수평 또는 수직 거리가 일정하게 유지된다.

2. 커서를 선택한 모드에 따라 조절한다.

- **Independent** 모드의 커서중의 하나를 조절하려면,범용 노브를 사용하여 선택된(액티브) 커서를 이동한다. 실선은 조절 가능한 커서를 표시하며,점선은 고정된 커서를 표시한다. **Select**를 눌러서 두 커서들 간의 선택을 토글한다.

- Tracking 모드의 두 커서를 조절하려면,범용 노브를 사용하여 양쪽 커서를 함께 움직인다.
- Tracking 모드의 양 커서 사이의 거리를 조절하려면,**SELECT**를 눌러서 커서 트래킹을 일시 중단시킨다. 그 다음, 범용 노브를 사용하여 점선 커서에 대한 실선 커서의 거리를 조절한다. **SELECT**를 다시 누르면 트래킹으로 되돌아간다.

커서 속도 선택

커서 속도를 바꾸려면 범용 노브를 돌리기 전에 **SHIFT**를 누른다. **SHIFT** 단추가 점등된 상태에서 커서는 빨리 이동하며,디스플레이에는 *Coarse Knobs* 라는 메시지가 상단 우측 코너에 나타난다.

시간 단위 선택

수직 바 커서를 시간 단위 또는 주파수로 선택하여 디스플레이할 수 있다. Option 5의 Video를 갖고 있을 경우에는,그 결과를 비디오 라인 번호로 디스플레이할 수 있다.

수직 바 커서 단위를 선택하는 방법은,

CURSOR→Time Units(main)→Seconds 나 **1/seconds(Hz)**를 누르고,Option 5가 있을 때는 **Video Line Number(side)**를 누른다.

진폭 단위를 선택

NTSC 신호를 측정할 때는,수직 측정을 IRE 단위로 디스플레이하도록 선택할 수 있다. 그러한 신호를 측정할 때는 Option 05 Video Trigger를 설치해야 한다. 그 이유는 Option 05 없이 합성 비디오 파형을 트리거하기가 어렵기 때문이다. IRE와 베이스 커서 유닛 사이를 스위치하는 방법은 다음과 같다.

1. **CURSOR→Amplitude Units(main)→IRE(NTSC)**를 누른다.
2. 보통으로 돌아가려면, **CURSOR→Amplitude Units(main)→Base**를 누른다.

더 자세한 정보는

연산 파형의 커서 사용법에 관한 설명은 3-206 쪽 “연산 파형”을 참고한다.

FFT 파형,미분 파형,그리고 적분 파형에서 커서 사용법의 설명은,3-209쪽의 “Fast Fourier Transforms”,3-228쪽의 “파형 미분”,3-233쪽의 “파형 적분”을 참고한다.

비디오 파형에서 커서 유닛에 관한 설명은, 오실로스코프가 비디오 트리거 옵션이 탑재되었을 경우에는 *TDS 패밀리 Option 05 비디오 트리거 인터페이스*를 참고한다.

계수판 측정

TDS 오실로스코프 디스플레이에는 계수판이 있어서, 파형 레코드상의 두 개의 포인트 사이의 차이(시간 또는 진폭)를 측정할 수 있다. 계수판 측정은 신속하게 시각적으로 측정을 가능하게 한다. 예를 들어, 파형 진폭을 직접 보면서, “100mV보다 약간 더 크다”는 것을 즉시 알 수 있게 된다. 이 단원에서는 계수판 측정 방법을 간단하게 설명한다.

파형 진폭 측정

파형 진폭을 측정하려면, 아래 적힌 단계를 수행한다.

1. 측정하고자 하는 채널의 채널 선택 단추를 누른다. 화면의 채널 판독 안에서 그 채널의 수직 스케일 계수를 확인한다.
2. 측정할 두 기능 사이의 계수판 division을 세고 그 결과를 수직 스케일 계수에 곱한다.

예를 들어서, 파형의 최저 및 최대 수치 사이에 5개의 주 수직 계수판 division이 있고 그 스케일 계수가 100mV/division일 때의 peak-to-peak 전압은 다음 공식을 이용해 쉽게 계산할 수 있다.

$$5\text{divisions} \times (100\text{mV/division}) = 500\text{mV}$$

주 NTSC 계수판을 선택할 때, 선택한 모든 채널의 division당 볼트는 143mV/div(152mV/div for PAL)로 설정된다. 여기서, division은 일반 계수판의 것을 뜻하는 것이지 비디오 계수판의 division을 의미하는 것이 아니다. NTSC의 경우 실제 격자 라인은 10IRE를 나타내며, PAL의 경우 라인은 100mV씩 떨어져 있다.

파형 시간 측정

파형 시간을 측정하려면,방금 설명한 프로세스를 반복하되,수평 division 을 세고 그 숫자를 수평 스케일 계수에 곱한다. 예를 들어서,한 파형 사이클에서 5 개의 주 계수판 division 이 있고 수평 스케일 계수가 $50 \mu s / \text{division}$ 이라고 사정할 때,파형 주기를 다음 공식을 이용해 쉽게 계산할 수 있다.

$$5\text{division} \times (50 \mu s / \text{division}) = 250 \mu s, \text{Ehsm} 4\text{kHz}$$

히스토그램 디스플레이 (TDS 500D와 TDS 700D에만 적용)

TDS 오실로스코프는 선택된 흔적 파형 데이터로 구성되는 히스토그램을 디스플레이할 수 있다. 사용자는 수직 히스토그램이나 수평 히스토그램을 디스플레이할 수 있고 한 번에 한 가지 종류의 히스토그램만 디스플레이할 수 있다. 그림 3-69를 참고한다.

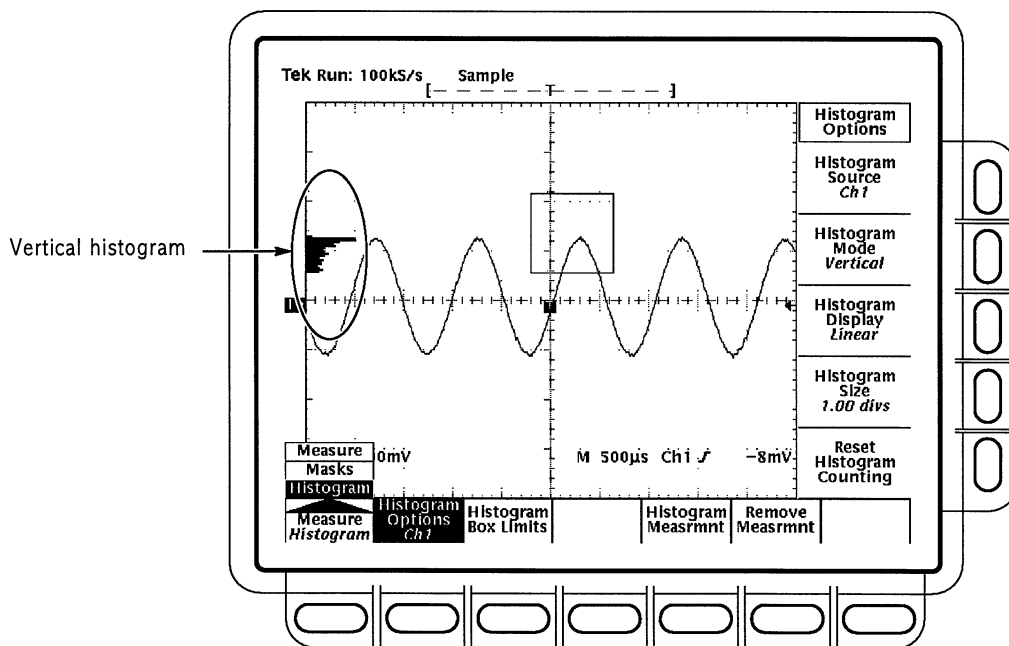


그림 3-69 히스토그램 메뉴와 수직 히스토그램

히스토그램 카운팅 시작

히스토그램 카운팅을 시작하려면 **MEASURE** → **Histogram**(pop-up) → **Histogram Options**(main) → **Histogram Mode**(side) → **Off, Vertical**, 또는 **Horizontal**(side)를 누른다. DPO와 함께 히스토그램을 사용하려면 추가 정보를 위해 3-64쪽의 "누적 값이 설정하기"를 참고한다.

■ **Off**는 히스토그램 카운팅과 디스플레이를 끈다.

- **Vertical**은 수직 단위가 히스토그램 상자에서 어떻게 바뀌는지 보여주는 수직 히스토그램을 디스플레이한다. 수직 히스토그램은 계수판 왼쪽 에지에서 시작하면서 나타난다. 최대 bin 크기는 **Histogram Size** 사이드 메뉴로 조정한다.
- **Horizontal**은 히스토그램 상자에서 얼마나 자주 변하는지 보여주는 수평 히스토그램을 디스플레이한다. 수평 히스토그램은 계수판 상단에 나타난다. 최대 bin 크기는 **Histogram Size** 사이드 메뉴로 조정한다.

히스토그램 카운팅 재설정

모든 히스토그램 빈의 카운트를 0으로 재설정하려면 **MEASURE→Histogram(pop-up)→Histogram Options(main)→Reset Histogram Counting(side)**을 누른다.

히스토그램 디스플레이

히스토그램을 디스플레이하려면, **MEASURE → Histogram(pop-up) → Histogram Options(main) → Histogram Display(side) → Off, Log, Linear(side)** 중 하나를 누른다.

- **Off**를 선택하면 히스토그램 화면이 없어지지만 히스토그램 카운팅과 측정은 계속되고 히스토그램 상자도 계속 표시되어 있다.
- **Log**를 선택하면 각 빈의 계산 기록이 나타난다. 기록 스케일링을 하면 카운트 수가 낮은 빈을 더 자세하게 볼 수 있다.
- **Linear**를 선택하면 각 빈의 카운트가 나타난다.

히스토그램 상자와 비교할 파형을 선택하려면 **MEASURE → Histogram(pop-up) → Histogram Options(main) → Histogram Source(side) → Ch1, Ch2, Ch3 또는 Ch4(side)**를 누른다. 모든 채널이 히스토그램에 사용되므로 DPO에서 히스토그램 카운팅을 사용할 수 없다.

히스토그램 디스플레이 크기를 설정하려면 **MEASURE → Histogram(pop-up) → Histogram Options(main) → Histogram Size(side)**를 누른다. 범용 노브나 키패드로 히스토그램 크기를 설정한다.

히스토그램 상자 크기 설정

히스토그램 상자는 히스토그램에 사용할 흔적의 한 구역을 선택하는 것이다. 히스토그램 상자 크기를 설정하려면, **MEASURE → Histogram(pop-up) → Histogram Box Limits(main) → Top Limit, Bottom Limit, Left Limit, Right Limit(side)** 중 하나를 선택한다. 범용 노브나 키패드로 히스토그램 상자에서 선택한 에지를 조정할 수 있다.

막대 그래프 상자 이동하기

크기를 변경하지 않고 막대 그래프 상자를 이동하려면, **MEASURE → Measure (main) → Histogram (pop-up) → Histogram Box Limits (main)**를 누른다. 그런 다음 **Move Box (side)**를 **Horizontal** 또는 **Vertical**로 토글하고 범용 노브를 사용하여 막대 그래프 상자를 이동한다. (SELECT 단추도 이동 상자를 토글하게 된다.)

히스토그램 측정 목록

TDS 오실로스코프를 사용하여 10 개의 히스토그램 측정을 수행할 수 있다. 표 3-12 은 각 특징에 대한 간략한 정의를 설명한 것이다.

표 3-12 측정 정의

이름	정의
 Mean	히스토그램 상자 안의 모든 획득된 포인트의 평균
 Median	히스토그램 상자 안의 모든 획득된 포인트 중 1/2은 이 값보다 크고 1/2은 이 값보다 작다.
 StdDev	히스토그램 상자 안의 모든 획득된 포인트의 표준 편차 (Root Mean Square(RMS))
Hits in Box Hits in Box	히스토그램 상자 안이나 상자 경계에 있는 포인트 수
Waveform Count Waveform Count	히스토그램을 구성하는 파형 수
 Peak Hits	히스토그램의 가장 큰 빈에 있는 포인트 수
 Pk-Pk	히스토그램의 피크 탐지값을 나타낸다. 수직 히스토그램은 가장 높은 비영(nonzero) 빈의 “전압”에서 가장 낮은 비영(nonzero) 빈의 “전압”을 뺀 값을 표시한다. 수평 히스토그램은 가장 오른쪽 비영 빈의 “시간”에서 가장 왼쪽 비영 빈의 “시간”을 뺀 값을 나타낸다.
 Mean $\pm$ 1 StdDev	히스토그램 평균에서 표준 편차가 1 이내인 포인트의 비율
 Mean $\pm$ 2 StdDev	히스토그램 평균에서 표준 편차가 2 이내인 포인트의 비율
 Mean $\pm$ 3 StdDev	히스토그램 평균에서 표준 편차가 3 이내인 포인트의 비율

측정 판독값

히스토그램 측정 내용은 다른 측정과 같은 위치에 나타난다(3-129 쪽 그림 3-59 참고).

히스토그램 측정 디스플레이

히스토그램 측정 내용을 디스플레이하려면 먼저 측정할 파형의 안정적인 디스플레이를 확보해야 한다.(**AUTOSET**을 누르면 도움이 된다.) 일단 안정적인 디스플레이를 확보한 다음,**MEASURE**을 눌러 Measure 메뉴를 불러 낸다(그림 3-60 참고).

1. 히스토그램 카운팅을 작동하려면 **MEASURE → Histogram(pop-up) → Histogram Options(main) → Histogram Mode(side) → Vertical, Horizontal(side)** 중 하나를 선택한다.
2. **MEASURE → Histogram(pop-up) → Histogram Measrmnt(main)**을 누른다.
3. 사이드 메뉴에서 원하는 측정을 선택한다(3-147 쪽의 표 3-12 참고).

측정 삭제

Remove Measrmnt를 선택하면 Measure 메뉴에서처럼 같은 기능을 한다. 3-130 쪽 “측정 제거”를 참고한다.

마스크 테스트(옵션 2C에만 적용)

디지털 오실로스코프에서는 마스크 테스트를 할 수 있다. 사용자는 표준 마스크를 선택하거나 사용자 마스크를 작성,선택할 수 있다.

주 마스크를 작동시키면 적절하게 작동하기 위해 일부 오실로스코프 모드와 설정이 변경된다.

마스크 선택

마스크를 선택하려면 다음을 수행한다.

1. **MEASURE → Measure(main) → Masks(pop-up)**을 누른다.
2. 원하는 마스크 종류가 나올 때까지 **Mask Type(pop-up)**을 계속 누른다(3-155쪽의 표 3-13 참고).
3. **Standard Mask(main)**을 눌러 사이드 메뉴에서 마스크를 선택한다(3-155쪽의 표 3-13 참고).

마스크 옵션 설정

마스크 옵션에서는 비교할 파형을 선택하고, 마스크를 켜거나 끄고, Autoset에 마스크 기능을 사용할 수 있게 하고, 오프셋 조정 기능을 선택하고 디지털 파형 필터 기능을 선택한다(그림 3-70 참고).

선택한 마스크와 비교할 채널을 선택하려면 **MEASURE→Measure(main)→Masks (pop-up)→Mask Options(main)**을 누른다. **Mask Source(side)**를 **Ch1**, **Ch2**, **Ch3** 또는 **Ch4** 중 하나로 전환한다. 모든 채널이 마스크에 사용되기 때문에 DPO에서는 Mask Source를 사용할 수 없다.

지정한 마스크를 켜거나 끄려면 **MEASURE→Measure(main)→Masks(pop-up)→Mask Options(main)**을 누른다. **Mask Display(side)**를 **ON**이나 **OFF**로 전환한다.

DS1, DS1A, DS1C, DS2, DS3, E1, Sym, E1 Coax, E2, E3, STS-1, STM1E 또는 E4 마스크를 반전하려면, **MEASURE→Measure(main)→Masks (pop-up)→Mask Options(main)**을 누른다. 그런 다음 **Invert Mask (side)**를 **ON**이나 **OFF**로 토글한다. ON 이고 위의 마스크 중 하나를 선택하면, 작성된 마스크는 표준 마스크의 극성과 반대 극성의 펄스를 위한 것이다.

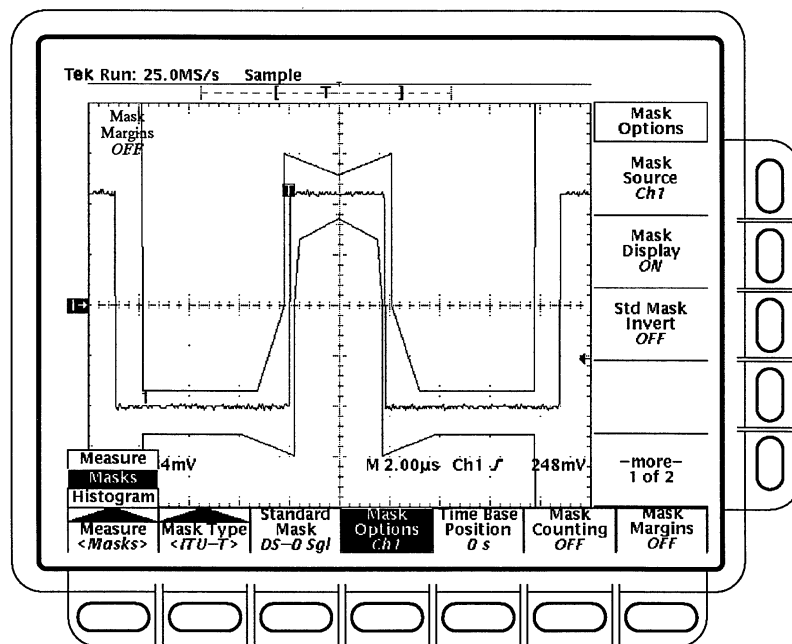


그림 3-70 Mask 메뉴

주 **Manual**을 선택하면 일부 조절 상태가 자동으로 조정된다. **Auto**를 선택하면 자동 설정이 실행된다. 사용자 마스크가 활성화되어 있으면 **Autoset**이 가능하면 선택된 마지막 기준 마스크에 맞게 선택된 경로를 조절한다.

표준 마스크를 선택할 때 자동설정을 실행할 것인지를 조절하려면 **MEASURE → Measure(main) → Masks(pop-up) → Mask Options(main)**을 누른다. **Std Mask Autoset(side)**를 **Auto**나 **Manual**로 전환한다.

주 **OFF**를 선택하면 **DS-0, E1, E2, E3, T1.102** 표준을 선택할 때 오프셋이 조정되지 않는다.

표준 마스크 자동 설정을 할 때 마스크에 맞게 파형의 수직 오프셋을 조정하려면, **MEASURE → Measure(main) → Masks(pop-up) → Mask Options(main)**을 누른다. **Std Mask Offset Adj(side)**를 **ON**이나 **OFF**로 전환한다.

베셀 - 톰슨 반응 (Bessel-Thompson response)이 필요한 일부 광학 표준에 사용하는 광학 기준 리시버 (옵션 3C와 4C)를 사용하려면, **MEASURE → Measure(main) → Masks(pop-up) → Mask Options(main)**을 누른다. **Filter(side)**를 **Enable**로 전환한다. Filter 메뉴는 TDS794D에서는 사용할 수 없다.

통신 필터의 보정 상태를 파악하려면, **SHIFT → UTILITY → System(main) → Cal(pop-up)**을 누른다. Comm Filter 메뉴에 표시된 보정 상태값을 읽는다. 측정된 상태가 **Pass**가 아니면 수리 서비스를 받는다. 오실로스코프는 전원을 연결한 상태에서 상태를 파악한다.

시간축 위치 조정

파형을 마스크에 맞게 수동으로 정렬하려면 **MEASURE → Measure(main) → Masks(pop-up) → Time Base Position(main) → Time Base Position(side)**을 누른다. 범용 노브나 키패드를 조정한다.

시간축 위치를 0으로 재조정하려면 **MEASURE → Measure(main) → Masks(pop-up) → Time Base Position(main) → Set to 0s(side)**를 누른다.

마스크 카운팅

마스크를 선택하고 마스크 옵션을 설정하고 시간축 위치를 조정한 다음 마스크 카운팅을 활성화하여 카운팅 결과를 볼 수 있다. 마스크 카운팅을 활성화하려면 **MEASURE → Measure(main) → Masks(pop-up) → Mask Counting(main) → Count Masks(side)**를 누른다. 마스크 카운팅을 DPO와 함께 사용하려면, 추가 정보를 위해 3-64쪽의 "누적 값이 설정하기"를 참고한다.

마스크 카운팅이 활성화되면 사이드 메뉴에 결과가 나타난다.

- **Waveform Count**에는 파형 수가 표시된다.
- **Total Hits**에는 모든 마스크에서 전체 hit의 수가 표시된다.
- **Mask n Hits**에는 n개의 마스크에서 hit의 수가 표시된다.

모든 마스크에 대한 카운트를 0으로 설정하려면 **MEASURE → Measure(main) → Masks(pop-up) → Mask Counting(main) → Reset Mask Counting(side)**를 누른다.

통과 실패 테스트하기

켜져 있으면, 마스크 통과 / 실패 테스트는 pass/fail 사이드 메뉴에 있는 통과 / 실패 테스트의 결과를 표시한다. 마스크 통과 / 실패 테스트를 시작하려면, **MEASURE → Measure(main) → Masks(pop-up) → Mask Counting(main)**를 누른다. 그런 다음 **Pass/Fail Test (side)**를 **On**으로 토글한다.

Pass/Fail Test 사이드 메뉴는 테스트 상태를 표시한다.

- **Passing**은 획득한 파형의 요청 번호에 대해 적중 횟수가 실패 한계값에 지정된 적중 횟수를 초과하지 않을 경우 표시된다.
- **Failed**는 적중 횟수가 획득 파형의 요청 번호에 있는 마스크의 통과/실패 실패 한계값보다 크거나 같을 경우에 표시된다.
- **OFF Passed** 또는 **OFF Failed**는 테스트 결과에 따라 테스트가 완료될 때 표시된다.

통과 / 실패 테스트는 마스크 계산을 켜고 마스크 계산을 0으로 재설정한다.

실패 한계값 설정

통과 / 실패 실패 한계값 보다 크거나 같은 적중 계산은 테스트 실패를 의미한다. 한계값을 설정하려면, **MEASURE → Measure (main) → Masks (pop-up) → Mask Counting (main) → Pass/Fail Failure Threshold (side)**를 누른 후, 범용 노브나 키패드를 사용하여 실패 한계값을 설정한다.

파형의 최소 개수 설정

파형의 최소 개수를 획득할 때까지 테스트는 계속된다. 파형의 최소 개수를 설정하려면, **MEASURE → Measure(main) → Masks(pop-up) → Mask Counting (main) → Set Minimum Number of Waveforms (side)**를 누른 후 범용 노브나 키패드를 사용하여 파형 개수를 설정한다.

벨 울리기

통과/실패 벨 메뉴는 마스크 통과/실패 테스트가 벨을 울릴 것인지 여부를 제어한다. 통과 / 실패 벨을 제어하려면, **MEASURE → Measure(main) → Masks(pop-up) → Mask Counting (main)**를 누른 다음 **Pass/Fail Bell (side)**를 **Off**, **On Failed** 또는 **On Completion**으로 토글한다.

- **Off**는 벨을 울리지 않는다.
- **On Completion**은 테스트가 완료될 때 벨을 울린다.
- **On Failed**는 실패를 감지하고 테스트가 완료될 때 벨을 울린다.

수평 위치 조정하기

HORIZONTAL POSITION 제어나 시간축 위치 메뉴를 사용하여 수동으로 파형을 마스크에 배열한다. HORIZONTAL POSITION을 조정하면 마스크 계산이 재설정된다.

마스크 한도 설정하기

마스크 한도를 사용하여 신호가 특정 한도를 통과하는지 결정한다. 마스크 한도를 설정하려면 다음 단계를 수행한다.

1. 마스크 한도를 활성화하려면, **MEASURE → Measure(main) → Masks(pop-up) → Mask Margin (main)**를 누른다. 그런 다음 **Mask Margins (side)**를 **On** 또는 **Off**로 토글한다. 사용자 정의된 마스크가 3개 이상의 마스크를 가지고 있을 경우 마스크 한도를 켜면 오류가 생성될 것이며, 마스크 한도를 끄면 한도 백분율을 0%로 재설정할 것이다.

2. 한도 백분율을 설정하려면, **Margin Percentage (side)**를 누른 다음 범용 노브나 키 패드를 사용하여 백분율을 설정한다. 마스크 한도 백분율은 마스크 경계로 이동하여 선택한 한도를 반영한다. 음의 한도는 마스크 시험을 통과하기 쉽도록 만들어 준다.

마스크 편집

사용자는 사용자 마스크를 만들거나 편집할 수 있다. 표준 마스크를 편집하면 마스크의 편집 복사본이 사용자 마스크가 된다. 마스크를 편집하려면 다음 절차대로 한다.

1. 3-148 쪽 “마스크 선택”을 참고하여 표준 마스크를 불러 낸다.
2. 편집하거나 만들 마스크를 선택하려면, **MEASURE → Measure(main) → Masks (pop-up) → Mask Type(main) → Edit(pop-up) → User Mask Editing(main)**을 누른다. 사이드 메뉴에서 그 마스크를 선택한다.
3. 화면에서 십자 커서를 움직여 필요한 점을 추가하거나 삭제하여 마스크를 만들거나 편집할 수 있다. 커서를 이동하려면 범용 노브를 돌리고, 커서 방향을 바꾸려면 **SELECT**를 누른다.
4. 마스크에 점을 추가하려면 커서를 원하는 위치로 옮긴 다음 **Add Point(side)**를 누른다.
5. 마스크에서 점을 지우려면 커서를 원하는 위치로 옮긴 다음 **Delete Point(side)**를 누른다.
6. 마스크에서 점을 모두 지우려면 **Delete All Points(side)**를 누른다.
7. 마스크 편집을 종료하려면 **OK End Edit(side)**를 누른다.

입력된 순서에 관계 없이 각 점들을 연결하여 마스크가 만들어진다. 점들은 왼쪽에서 오른쪽으로 정렬되고 가장 왼쪽에 있는 점에서 가장 오른쪽에 있는 점을 연결하는 대각선을 따라 그룹으로 모아 연결된다. 두 개의 점이 마스크의 왼쪽이나 오른쪽 에지를 따라 같은 수평 위치에 놓인 다음 가장 왼쪽 위에 있는 점과 가장 오른쪽 아래에 있는 점을 대각선으로 연결한다. 대각선 아래 있는 점들은 마스크의 바닥 경계선을 형성하고 대각선 위에 있는 포인트들은 상위 경계선을 형성한다.

마스크를 만들 때 그림 3-71을 참고하여 다음 작동 특성에 유의한다.

- 마스크의 왼쪽 에지나 오른쪽 에지에 있는 점은 다른 점들보다 더 왼쪽이나 오른쪽에 위치한다.
- 점들은 왼쪽에서 오른쪽으로 연결된다.

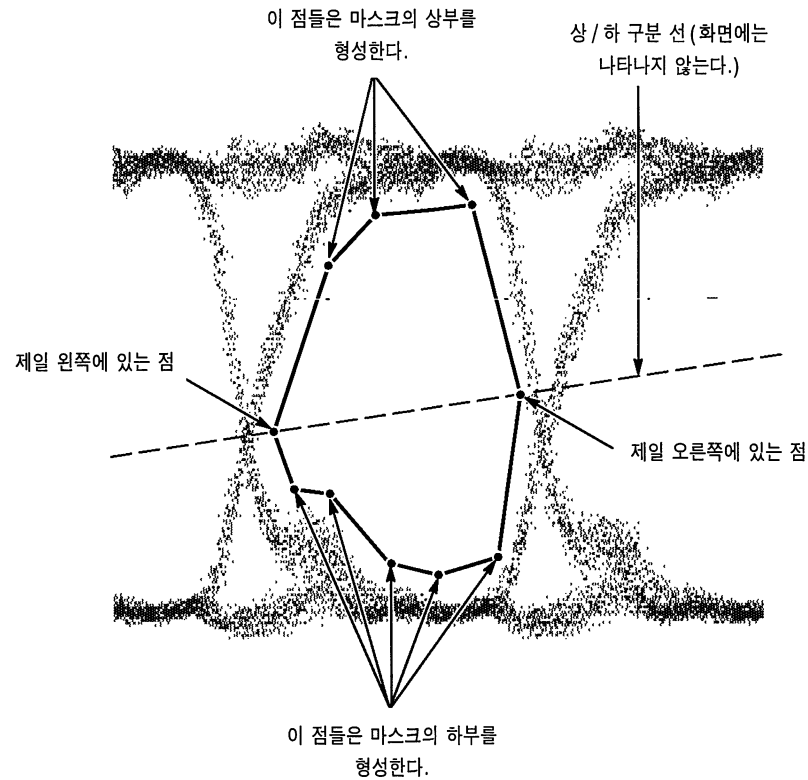


그림 3-71 사용자 마스크 만들기

- 오목한 쪽에 마스크를 만들려면 같은 부분에 걸친 마스크를 여러 개 만들어야 한다.
- 설정 내용과 함께 마스크를 저장하려면 마스크를 정의하고 계기 설정을 저장하여 마스크 설정을 저장할 수 있다. 저장된 설정을 불러내거나 표준 마스크를 선택하거나 디지털 오실로스코프를 시작하면 디스플레이된 마스크는 없어진다.

표 3-13 표준 마스크

SONET SDH	ITU-T	T1.102	Fibre Channel	Video	Ethernet	Miscellaneous
None	None	None	None	None	None	None
OC1/STM0 51.84Mb/s	DS-0 Sgl Single 64.4kb/s	DS1 1.544Mb/s	FC133 Optical 132.8Mb/s	4fsc NTSC "D2" 143.18Mb/s	Gigabit Ethernet Optical 1.25 Gb/s	FDDI Halt 125 Mb/s
OC3/STM1 155.52Mb/s	DS-0 Dbl Double 64kb/s	DS1A 2.048Mb/s	FC266 Optical 265.6Mb/s	4:2:2 "D1" 270Mb/s	100 Base-TX UTP 125 Mb/s	
OC12/STM4 622.08Mb/s	DS-0 Data Data Contra 64kb/s	DS1C 3.152Mb/s	FC531 Optical 531.2Mb/s	4:2:2 SMPTE 259M-D 360 Mb/s	100 Base-TX STP 125 Mb/s	
	DS-0 Tmg Timing 64kb/s	DS2 6.312Mb/s	FC1063 Optical 1.0635Gb/s	SMPTE 292M 1.485Gb/s	10 Base-T Idle (IDL) Time Details 10 Mb/s	
	DS-1 Rate 1.544Mb/s	DS3 Full Mask 44.736Mb/s	FC133E Electrical 132.7Mb/s		10 Base-T Idle (IDL) Volt Details 10 Mb/s	
	DS-3 Rate 44.736Mb/s	DS3 Time Details 44.736Mb/s	FC266E Electrical 265.6Mb/s		10 Base-T Idle (IDL) Full Mask 10 Mb/s	
	E1 Sym Sym Pair 2.048Mb/s	DS4NA 139.26Mb/s	FC531E Electrical 531.2Mb/s		10 Base-T Link Test Time Details 10 Mb/s	
	E1 Coax Coax Pair 2.048Mb/s	DS4NA Mx Max Output 139.26Mb/s	FC1063E Electrical 1.0625Mb/s		10 Base-T Link Test Volt Details 10 Mb/s	
	E2 8.448Mb/s	STS-1 Eye Eye 51.84Mb/s			10 Base-T Link Test Full Mask 10 Mb/s	
	E3 34.368Mb/s	STS-1 Pulse 51.84Mb/s				
	E4 0 Binary 0 139.26Mb/s	STS-3 155.52Mb/s				
	E4 1 Binary 1 139.26Mb/s	STS-3 Max Output 155.52 Mb/s				
	E5 CEPT 565 Mb/s					
	STM1E0 Binary 0 155.52Mb/s					
	STM1E1 Binary 1 155.52Mb/s					

측정 정밀성의 최적화: SPC와 Probe Cal

TDS 오실로스코프는 측정 정밀성을 최적화하는 3 가지 기능을 제공한다. *Signal Path Compensation (SPC)*는 파형을 포착하는 데 사용하는 *internal signal path*를 교정해주고 대기 온도에 기준하여 측정하도록 해준다. *Channel/Probe Deskew*는 신호가 다른 길이의 케이블에서 수신되는 것을 교정해 준다. *Probe Cal*은 프로브 팁에서 디지털화된 신호에 이르는 전체 신호 경로를 교정해 주어, 프로브의 게인 및 오프셋의 정밀성을 높여 준다. 이 단원은 이 기능들의 사용법에 대해서 설명한다.

신호 경로 교정

TDS 오실로스코프는 측정하는 파형을 포착하는 데 사용하는 *Internal signal path*를 교정해준다. *SPC*는 오실로스코프 기능을 최적화시켜서 대기온도에 기준하여 정밀한 측정을 할 수 있도록 한다.

온도가 지난 *SPC* 실행 시의 온도와 5℃ 이상의 차이가 있으면 *SPC*를 실행해야 한다.

주 *Volts/division* 세팅이 5mV보다 작거나 동일한 상태에서 측정을 할 때는 *SPC*를 일주일내 최소한 한 번은 실행해야 한다. 이렇게 하지 않으면, 오실로스코프는 그 *volts/div* 세팅에서 기능을 제대로 발휘하지 못하게 된다.(보증된 기능은 “성능 확인 및 규격 매뉴얼”에 적혀있다.)

*SPC*를 실행하려면 다음과 같이 한다.

1. 디스플레이 오실로스코프를 시동하여 사용하기 전에 20 분간 워업을 시킨다.
2. 4 개의 수신 채널에 연결되어 있는 모든 수신 신호들을 단절한다.

정지 아래 3,4 단계를 실행할 때, 신호 경로 교정이 완료될 때까지 오실로스코프를 끄지 않는다. 신호 경로 교정이 진행 중일 때 전원을 중단하면, 메시지가 오실로스코프 에러 로그에 등록된다. 이런 경우에는 신호 경고 교정을 재실행한다.

3. **SHIFT UTILITY** → **System(main)** → **Cal(pop-up)** → **Signal Path(main)** → **OK**
Compensate Signal Paths(side) 를 누른다.



4. 신호 경로 교정이 완료될 때까지 기다린다 (최고 15 분). 작업 실행 중에는 “시계” 아이콘이 화면 왼쪽에 나온다. 교정이 완료되면 상태 메시지가 주 메뉴에서 *Pass* 또는 *Fail*로 갱신된다.

5. 주 메뉴 안 **Signal Path** 아래에 *Pass* 라는 단어가 나타났는지 확인한다 (그림 3-72 참고).

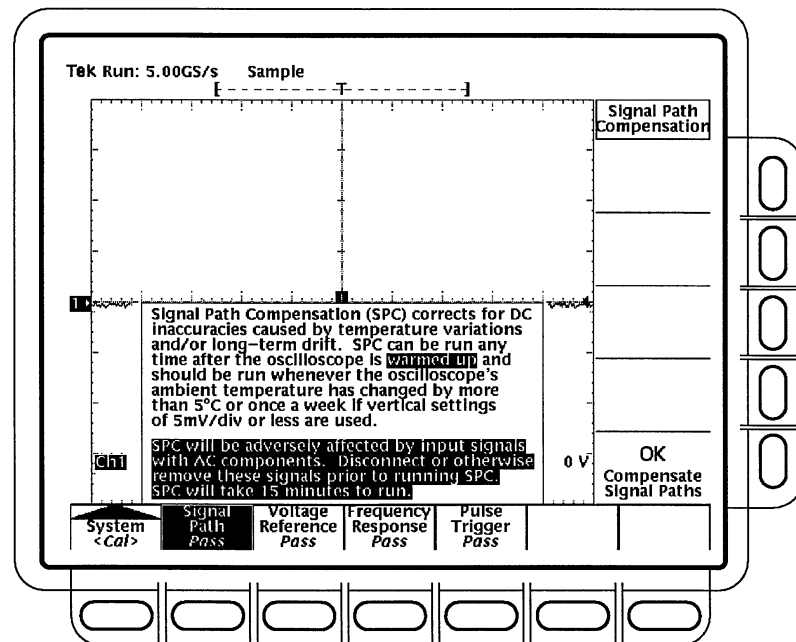


그림 3-72 신호 경로 교정 실행중

Channel/Probe Deskew

TDS 오실로스코프는 각 채널의 상대적 시간 지연을 조절하게 해준다. 이 기능은 신호들이 길이가 다른 케이블로부터 수신되는 경우, 신호들이 교정해서 다시 배열하게 해준다.

오실로스코프는 각 포착이 완료되면 **deskew value**를 적용한다. 즉, **deskew value**는 고직 트리거링에 영향을 주지 않는다. 또한, **deskew**는 XY 디스플레이 포맷에도 영향을 주지 않는다.

Channel/probe deskew를 설정하려면 다음을 수행한다.

- **VERTICAL MENU → Deskew(main)**를 누른다.
- 다음, 범용 노브를 사용하거나 키패드를 사용하여 **deskew time**을 설정한다. 언제라도 **Set to 0 S(side)**를 눌러서 **deskew** 세팅을 제거할 수 있다.

Probe Cal

TDS 오실로스코프는 연결된 채널에 기준하여 프로브를 교정하여 프로브의 게인 및 오프셋의 정밀도를 높여 준다. 프로브를 설치한 채널에 **Probe Cal**을 실행하면 그 채널과 프로브를 사용하여 측정할 때 정밀성을 최적화시킬 수 있다.

Probe Cal을 언제든지 실행하여 측정의 정밀성을 최대화한다. 마지막 **Probe Cal**이 실행된 후에 다른 프로브로 바꾸었을 경우에는 **Probe Cal**을 반드시 실행해야 한다.

어떤 프로브는 교정할 수 없다. 프로브들 중에는 게인 교정만 되는 것, 오프셋 교정만 되는 것, 두 교정이 다 되는 것이 있으며 교정이 전혀 안되는 프로브도 있다. 다음과 같은 제한 사항에 주의한다.

- 오실로스코프는 감쇠 계수가 20X보다 큰 프로브는 교정하지 못한다. 그런 프로브를 교정하려고 시도하면 에러 메시지가 나온다.
- 오실로스코프는 게인과 오프셋 또는 그중에 하나의 에러가 너무 크면 ($> 2\%$ gain 과/혹은 $> 50\text{mV}$ offset) 교정하지 못한다. 사용 중인 프로브의 제한규격에 이러한 에러가 허용되고 있는 경우에는 다른 프로브를 사용하도록 한다. 제한규격 밖이면 서비스 용원의 체크를 받도록 한다.

주 P6139A passive probe에 Probe Cal을 사용하는 것은 권장하지 않는다. 이 프로브는 일반적으로 gain과 offset 에러가 작기 때문에 Probe Cal을 사용해도 그 시간 소비에 비해 성능상의 효과는 별로 없다. Probe Cal은 액티브 프로브나 오래된 패시브 프로브와 함께 사용할 때 효과가 크다.

Probe Cal을 실행하려면 먼저 필수조건을 위한 아래 지시사항을 따른 다음 그에 뒤따르는 절차를 수행한다.

- P6243 또는 P6245와 같은 액티브 프로브를 설치할 경우에는 아무런 필수조건이 없다. 제 1 단계에서부터 시작한다.
 - 패시브 프로브 교정을 할 경우에는, 프로브의 저주파 반응을 먼저 교정해 주어야 한다. 첫째, 아래 1단계와 2단계를 실행한 다음 프로브와 함께 제공되는 실행방법에 따라 프로브를 교정한다(또는 3-6쪽의 “패시브 프로브 교정방법”을 참고). 그 다음, 3단계로 계속한다.
1. 프로브를 사용할 수신 채널에 설치한다.
 2. 디지털타이징 오실로스코프의 전원을 연결하고 다음 단계를 실행하기 전에 20분간 워밍업을 한다.
 3. **SHIFT UTILITY → System(main) → Cal(pop-up)**을 누른다.
 4. 주 메뉴 안의 **Signal Path** 아래의 상태 레이블을 본다. 상태에 **Pass**라고 되어있지 않으면, 신호 경로 교정을 실행한다(3-156쪽의 “신호 경로 교정”을 참고). 다음 아래 단계를 계속한다.
 5. 프로브를 설치한 수신 채널과 일치하는 프론트 패널 단추를 누른다.
 6. TDS 600B: **VERTICAL MENU → Cal Probe(main)**을 누른다.
 7. TDS 500D와 TDS 700D: **VERTICAL MENU → Probe Functions(main) → Cal Probe(side)**를 누른다.

정지 오실로스코프는 사용자가 설치한 프로브의 종류를 탐지하고, 프로브의 게인, 오프셋, 또는 그 양쪽의 교정을 위해 화면 메시지와 메뉴를 디스플레이한다(그림 3-73 참고). 아래 단계는 오실로스코프가 탐지하는 프로브에 따라서 프로브 게인, 오프셋, 또는 그 양쪽을 실행하기 위한 절차들이다.

8. 화면의 메시지가 *Probe Gain Compensation* 이 아니라 *Probe Offset Compensation* 일 경우에는, 단계 16 으로 건너뛴다.
9. 프로브 팁을 **PROBE COMPENSATION SIGNAL** 에 연결한다. 프로브 그라운드 리드를 **PROBE COMPENSATION GND** 에 연결한다.
10. **OK Compensate Gain(side)** 를 누른다.
11. 게인 교정이 완료될 때까지 기다린다(1 분에서 3 분).

게인 교정이 완료되면, 다음과 같은 변화가 일어난다.

- 시계 아이콘이 없어진다.
- 설치한 프로브의 오프셋 교정이 요구되면, *Probe Offset Compensation* 메시지가 *Probe Gain Compensation* 메시지로 바뀐다.

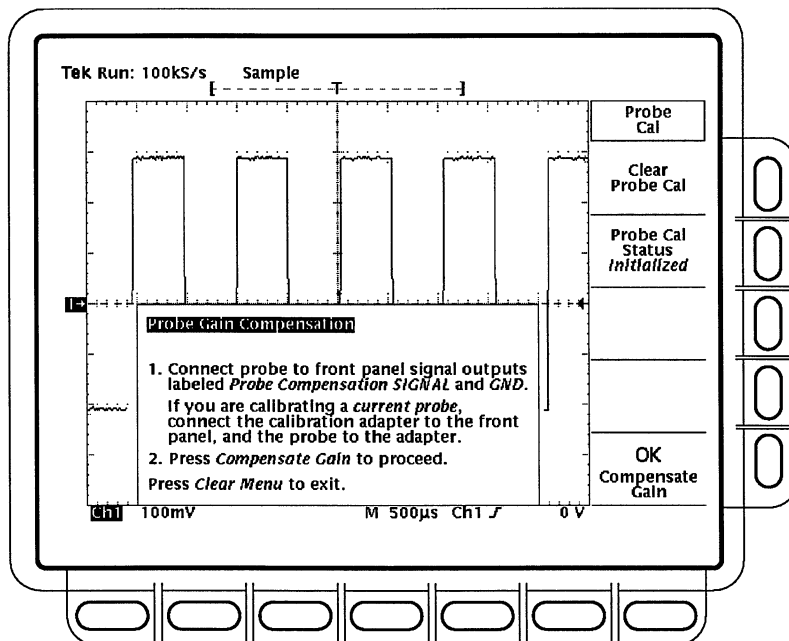


그림 3-73 Probe Cal 메뉴와 게인 교정 디스플레이

■ 게인 교정이 실패했을 경우에는 “Probe is not connected”라는 메시지가 나온다.(프로브와 디지털 오실로스코프의 연결, 프로브 팁이 리트랙터 안에 적절히 설치되었는가 등을 점검한다. 그리고 나서 단계 10에서 다시 시작한다.)

■ 게인 교정에 실패했을 경우에는 “Compensation Error” 메시지가 나온다. 이 에러는 프로브 게인 (2% 에러) 및 오프셋 (50mV) 또는 그 중의 하나가 교정을 하기에는 너무 크다는 것을 의미한다. 다른 프로브로 대체하고 계속한다. 프로브를 서비스 용원의 점검을 받도록 한다.

12. **Probe Offset Compensation** 메시지가 나오면, 단계 16으로 넘어간다. 아니면, 단계 13으로 간다.

13. **Compensation Error** 메시지가 나오면, 단계 14로 계속한다. 아니면 단계 19로 간다.

14. **SHIFT UTILITY → System(main) → Diag/Err(pop-up) → Error Log(main)** 을 누른다. 화면에 에러 메시지가 너무 많으면, 범용 노브를 시계 방향으로 돌려서 마지막 메시지로 스크롤한다.

15. 교정 에러 수치에 유의한다. 단계 20으로 건너뛴다.

16. 프로브를 연결되어 있는 시그널로부터 단절한다. 프로브를 채널에 설치한 채로 남겨둔다.

17. **OK Compensate Offset(side)** 를 누른다.



18. 오프셋 교정이 완료될 때까지 기다린다 (1 분에서 3 분).

오프셋 교정이 완료되면 다음과 같은 변화가 일어난다.

■ 시계 아이콘이 없어진다.

■ 오프셋 교정이 실패했을 경우에는, “Compensation Error”라는 메시지가 나온다. 이 에러는 프로브 오프셋 스케일 (10% 에러)와 오프셋 (50mV) 또는 그 중의 하나가 교정하기에는 너무 크다는 의미이다. 다른 프로브로 대체하고 계속한다. 프로브를 서비스 용원에게 점검시킨다. 단계 14와 15를 실행하여 에러 로그를 체크할 수도 있다.

19. 시계 아이콘이 없어지면, 주 메뉴에서 **Initialized** 라는 단어가 **Pass** 로 바뀌었는가를 확인한다 (그림 3-73 참고).
20. 필요하다면, 이 절차를 단계 1 에서부터 재실행하여 다른 프로브 / 채널 조합을 교정한다. 그러나, 그 전에, 다음 사항에 유의한다.
 - 우선, 패시브 프로브가 연결되어 있으면 먼저 저주파 교정을 한다는 점에 유의한다 (일 절차 앞 부분에 나오는 3-159 쪽의 필수 조건을 참고).
 - 간단한 패시브 프로브를 제외한 모든 프로브를 오실로스코프에 연결하고 Probe Cal 을 실행하기 전에 20 분 동안 워밍업을 한다.

Probe Cal 을 사용 후 프로브 교환 Probe Cal이 어떤 수신 채널에서 한 번도 수행된 적이 없거나, 저장된 Probe Cal 데이터가 *Re-use Probe Calibration Data* 메뉴(나중에 설명) 사용 중에 지워지면, 오실로스코프는 수직 메뉴에 **Initialized** 라는 단어를 디스플레이한다. 또한 프로브를 입력에서 제거할 때마다 **Initialized** 메시지를 보낸다.

수신 채널에서 Probe Cal을 성공적으로 실행했을 경우, 오실로스코프는 입수한 교정 데이터를 영속성 기억장치에 저장한다. 따라서, 프로브를 바꾸기 위하여 오실로스코프를 껐다가 다시 켜도, 이 데이터는 그대로 남아 있다.

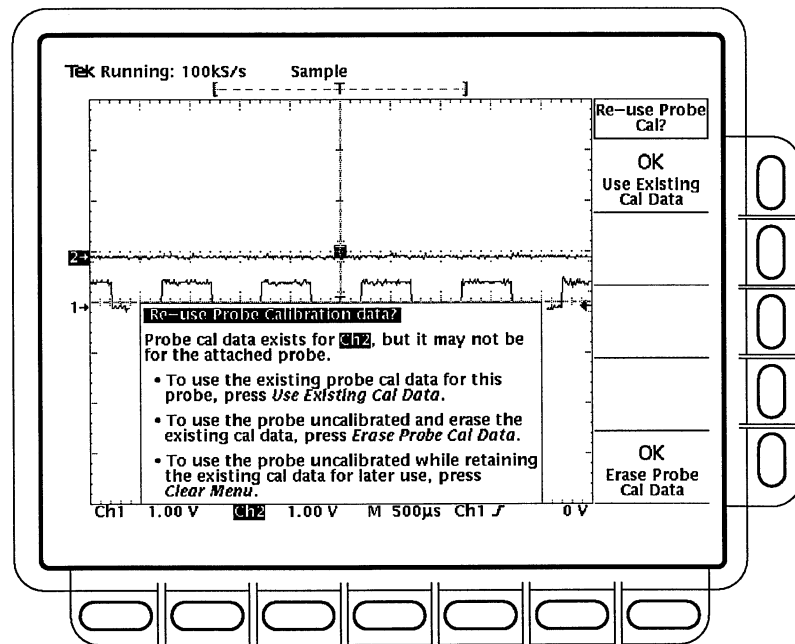
프로브를 설치할 때 또는 프로브를 설치한 채 오실로스코프를 켜면, 오실로스코프는 각 입력에서 프로브를 테스트한다. 프로브에 따라서, 오실로스코프는 다음 동작 중 하나를 취한다.

- 프로브가 TEKPROBE 인터페이스 (이런 종류의 인터페이스는 독특한 고유 번호 등과 같은 추가 정보를 전달할 수 있다.)를 가지고 있으면, 오실로스코프는 저장한 데이터와 동일한 프로브인가를 확인한다. 같은 프로브인 경우에는 오실로스코프는 상태를 **Pass** 로 설정한다. 그렇지 않은 경우에는, 상태를 **Initialized** 로 설정한다.
- 프로브가 간단한 오실로스코프 인터페이스를 가지고 있을 경우에는, 오실로스코프는 마지막 Probe Cal에 저장된 감쇠 계수와 다른 프로브 감쇠 계수가 있는가 없는가를 결정한다. 또한 마지막 Probe Cal이 TEKPROBE 인터페이스가 있는 프로브를 위한 것인지 여부도 결정한다. 둘 중의 하나면, 설치한 프로브는 마지막 Probe Cal에 저장한 것과 다르다. 때문에, 오실로스코프는 상태를 **Initialized** 로 설정한다.

- 프로브가 간단한 오실로스코프 인터페이스를 가지고 있고, 프로브 감쇠 계수가 마지막 Probe Cal에서 저장된 것과 동일하면, 오실로스코프는 동일한 프로브인지 아닌지를 결정하지 못한다. 따라서, 오실로스코프는 *Re-use Probe Calibration data?* 메뉴를 디스플레이한다 (그림 3-74 참고).

Re-use Probe Calibration data? 메뉴가 디스플레이되면, 다음 중 하나의 옵션을 선택할 수 있다.

- **OK Use Existing Data(side)**를 눌러서 마지막에 저장된 Probe Cal 데이터를 사용하여, 그 프로브를 교정한다.
- **OK Erase Probe Cal Data(side)**를 눌러서 마지막으로 저장된 Probe Cal 데이터를 지우고, 프로브를 교정 안한 상태로 사용한다.
- 프론트 패널의 **CLEAR MENU**를 눌러서 마지막에 저장된 Probe Cal 데이터를 그대로 간직하고, 프로브를 교정 안한 상태로 사용한다.



3-74 Re-use Probe Calibration Data 메뉴

주 *Re-use Probe Calibration data* 메뉴가 디스플레이될 경우, 현재 설치된 프로브가 *Probe Cal*을 위하여 저장된 임피던스와 동일하지 않는 한 *OK Use Existing Data*를 선택해서는 안된다. 예를 들어서, 채널에 저장된 마지막 *Probe Cal*이 *passive 50Ω* 프로브가 설치된 상태에서 실행되었다면, *passive 1MΩ*을 설치하지 말고, 메뉴가 나타나면 *OK Use Existing Data*를 선택한다. 그렇게 하면, 측정하려고 시도하는 대부분의 신호는 수신 채널과 결합되지 않을 것이다. 그 이유는, 프로브가 오실로스코프 임피던스와 일치하지 않기 때문이다.

표 3-14는 연결된 프로브와 사용자가 실행하는 작동에 따른 오실로스코프의 반응을 보여주고 있다.

표 3-14 Probe Cal Status

Probe Cal'd? ¹	User Action	Type Probe Connected ²	
		Simple Interface ³	TEKPROBE Interface ⁴
아니오	관계없음	<i>Initialized</i>	<i>Initialized</i>
예	전원 off	<i>Initialized</i> (프로브 데이터는 남음)	<i>Initialized</i> (프로브 데이터는 남음)
예	전원 on	다른 프로브는 디스플레이 <i>Re-use Probe Calibration Data Menu</i> 찾지 못함:	Cal'd 프로브: <i>Pass</i>
		다른 프로브: <i>Initialized</i>	다른 프로브: <i>Initialized</i>
예	프로브 단절	작동 준비	작동 준비
예	프로브 연결	다른 프로브는 디스플레이 <i>Re-use Probe Calibration Data Menu</i> 찾지 못함:	Cal'd 프로브: <i>Pass</i>
		다른 프로브: <i>Initialized</i>	다른 프로브: <i>Initialized</i>

¹ 입력 채널을 위하여 Probe Cal 을 마지막으로 실행했을 때 성공적으로 교정되었던 채널 입력을 의미한다.

² 프로브가 연결되지 않으면, 수직 주 메뉴 안의 프로브 상태는 항상 initialized 이다.

³ 간단한 인터페이스 프로브는 매우 제한된 정보만을 오실로스코프로 전달한다. 대부분의 패시브 프로브(예를 들어 P6139A)는 간단한 인터페이스를 가지고 있다.

⁴ TEKPROBE 인터페이스 프로브는 추가 정보를 전달해 준다. 예를 들어, 오실로스코프 수신 채널 임피던스를 프로브와 일치하도록 자동 설정하고, 오실로스코프에 독특한 프로브 고유번호를 송신하는 등이다. 일부 옵티컬 프로브와 대부분의 액티브 프로브는(예를 들어 P6205) TEKPROBE 인터페이스를 가지고 있다.

파형 및 설정의 저장

TDS 오실로스코프는 사용자가 측정하는 파형과 그 측정을 위하여 사용하는 설정들을 저장했다가 다시 불러내 준다. 또, 디스플레이 화면을 출력하거나 그 카피를 저장할 수도 있다. 이 단원에서는 사용자가 측정한 것을 저장하고, 불러내고, 문서화하는 아래 적은 기능들의 사용법에 대해서 설명한다.

- *Save/Recall Setups*, 사용자가 지정한 설정들을 내부 메모리 또는 디스켓(플로피 디스켓, 대체 하드 디스크 또는 외부 Zip 드라이브)에 저장했다가 나중에 불러내어 사용할 수 있다.
- *Save/Recall Waveform*, 파형들을 내부 메모리 또는 플로피 디스켓에 저장했다가 나중에 그 파형들을 디스플레이한다.
- *Hardcopy*, 오실로스코프의 화면을 인쇄하거나 플로피 디스켓에 저장한다.(하드카피는 데스크톱 출판 소프트웨어를 사용하여 문서에 삽입할 수 있다.)
- *File Utilities*, 플로피 디스켓에 저장하는 설정, 파형, 그리고 디스플레이 화면을 관리(복사, 디렉토리 만들기 등)한다.

이 단원 뒷부분에는 오실로스코프를 시스템 환경에 연결하여 원격 기기들과 통신하는 방법에 대해서 자세히 설명한다.

주 TDS 오실로스코프에는 옵션 2M을 별도로 주문하지 않으면 하드디스크 드라이브가 탑재되어 오지 않는다. A-1 쪽의 “옵션”을 참고한다.

설정을 저장하고 불러오기

TDS 오실로스코프는 나중에 불러낼 수 있는 설정을 10개까지 내부 메모리에 저장할 수 있다. 이 단원에서는 설정을 저장하는 법, 불러내는 법, 그리고 공장 디폴트 설정을 불러내는 법을 설명하고 있다.

나중에 다시 사용하고 싶으면 설정을 저장한다. 예를 들어서, 테스트 중에 세팅을 변경했을 경우, 초기 설정으로 즉시 돌아갈 필요가 생길 수 있다. 저장된 설정은 오실로스코프의 전원을 끄고 코드를 빼도 그대로 남아있다.

설정 저장 방법

오실로스코프의 현재 설정을 저장하는 방법은,

1. **SAVE/RECALL SETUP** → **Save Current Setup(main)** 을 누른다.

정지 아래 단계 2를 수행하기 전에, *User*라고 표시된 설정 위치를 선택하면 그곳에 이미 저장되어 있는 사용자 설정을 무효화하고 만다. 이런 결과를 피하려면, *Factory* 라고 표시된 설정 위치에 저장하면 된다.

2. 설정을 내부 기억 장치에 저장하려면, 사이드 메뉴 **To Setup 1, To Setup 2, ...**의 10개의 내부 저장 위치 중 하나를 선택한다(그림 3-75 참고). 이제 현재 사용하고 있는 설정이 그 위치에 저장되어 있다.

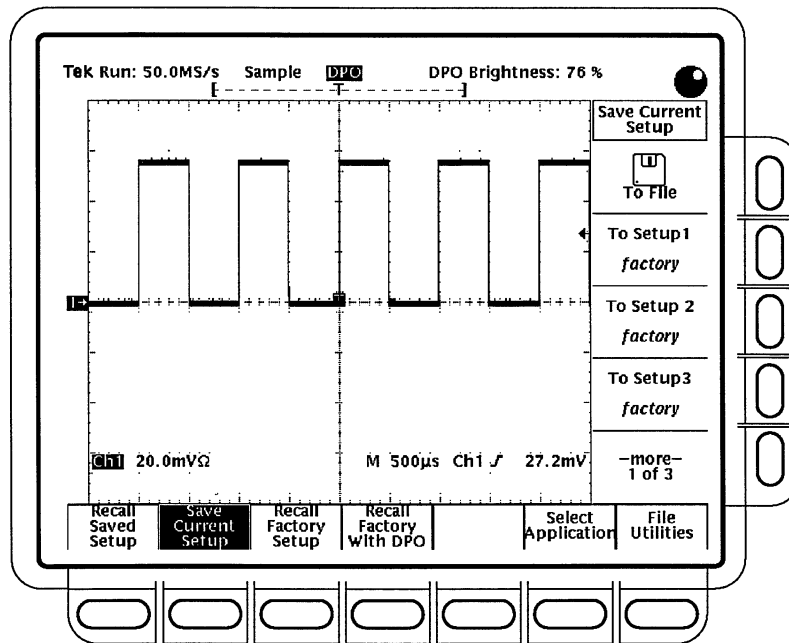


그림 3-75 저장 / 불러오기 설정 메뉴

3. 설정을 디스크에 저장하려면, **To File(side)**를 누른다. 다음, 범용 노브를 사용하여 목록에서 저장하고자 하는 파일을 선택한다. **Save To Selected File(side)**를 선택하여 이 절차를 마친다.



주 전원이 ON이 되면, 오실로스코프는 “wild card” 파일을 만든다. 이런 파일은 설정 저장 시 유틸리티 메뉴에 TEK?????.SET라고 표시되고 이 페이지 좌측에 와일드 카드 아이콘이 나타난다. 단계 3에서 이 파일을 선택하면 번호 순으로 독특한 파일명으로 설정을 저장한다. 예를 들어서, 오실로스코프는 저장한 첫 번째 설정을 TEK00001.SET라는 파일명으로 저장하고 두 번째 설정은 TEK00002.SET으로 저장한다.

설정을 불러오려면

설정을 불러오는 방법은,

1. 안에 저장된 설정을 불러오려면, **SAVE/RECALL SETUP → Recall Saved Setup(main) → Recall Setup 1, Recall Setup 2...(side)**를 누른다.
2. 디스크에 저장된 설정을 불러오려면, **From File(side)**를 누른다. 다음, 범용 노브를 사용하여 목록에서 불러오려는 파일을 선택한다. 이때 확장자 .set 파일들만 디스플레이된다. 마지막으로, **Recall From Selected File(side)**을 누른다.

설정을 불러온다고 해서 현재 디스플레이된 메뉴를 변경하지 않는다. 사이드 메뉴에서 **factory**라고 표시된 설정을 불러오면 공장 설정을 불러오게 된다.(공장 설정을 불러오는 보통 방법은 아래와 같다.)

공장 설정 불러오기

오실로스코프를 공장 디폴트로 재설정하는 방법은 다음과 같다.

SAVE/RECALL SETUP → Recall Factory Setup(main) → OK Confirm Factory Init(side)를 누른다.

오실로스코프를 공장 DPO 기본값으로 재설정하려면,

SAVE/RECALL SETUP → Recall Factory With DPO (main) → OK Confirm DPO Init (side)를 누른다.

공장 모든 설정과 파형을 삭제하기—Tek Secure®

때로 오실로스코프를 사용하여 기밀을 요하는 파형을 포착하는 경우가 있을 것이다. 뿐만 아니라, 오실로스코프를 일반 용도로 되돌리기 전에, 그런 기밀 파형을 포착하기 위해 사용한 모든 파형들과 설정들을 삭제할 필요가 있다.(한 번 삭제되면 다시 불러오지 못하기 때문에 모든 파형과 설정을 다 삭제할 것인지 재확인해야 한다.) 모든 기준 설정과 파형을 삭제하기 위해(대용량 저장 디스크에는 영향을 안 줌) Tek Secure를 사용하는 방법은 다음과 같다.

SHIFT UTILITY → System(main) → Config(pop-up) → Tek Secure Erase Memory(main) → OK Erase Setup & Ref Memory(side)를 누른다.

Tek Secure 를 실행하면 다음과 같은 작업을 할 수 있다.

- 기준 메모리에 저장된 모든 파형들을 제로 샘플 수치로 바꾼다.
- 현재 프론트 패널 설정과 설정 메모리에 저장된 모든 설정들을 공장 설정으로 바꾼다.
- 모든 파형 메모리와 설정 메모리 위치의 checksum을 계산하여 설정과 파형 삭제를 성공적으로 완료한다.
- Checksum 계산이 실패하면 경고 메시지가 나온다. checksum 계산이 성공적이면 확인 메시지가 나온다.

애플리케이션 선택

애플리케이션을 선택하여 APPLICATION 메뉴로 로드할 수 있다. 그런 다음 APPLICATION 메뉴를 사용하여 애플리케이션을 제어할 수 있다.

애플리케이션을 선택하려면, 다음 단계를 수행한다.

1. **SAVE/RECALL SETUP → Select Application (main)** 를 누른다.
2. 그런 다음 범용 노브를 사용하여 나타나는 이동 막대 목록에서 정확한 파일을 선택한다. 확장자가 .APP인 파일만 표시된다. 마지막으로, **Activate Application (side)**를 눌러 동작을 완료한다.

파일 유틸리티 실행 방법

파일 유틸리티를 실행하려면, 3-175 쪽의 “파일 시스템 관리”를 참고한다.

더 자세한 설명은

2-28 쪽의 “Example 4: 설정 저장”을 참고한다.

파형의 저장과 불러오기

TDS 오실로스코프에는 4 개의 기준 메모리에 파형을 저장할 수 있다. 저장된 파형은 오실로스코프의 전원을 끄고 코드를 빼도 그대로 남아있다. 오실로스코프는 파형을 디스크에 저장하고, Option 2M이 있을 경우 확장 레코드 길이 획득을 저장할 수 있다. 이 단원에서는 기준 파형을 저장하고, 삭제하고, 디스플레이하는 방법을 설명한다.

주 오실로스코프는 파형을 기준 메모리에 저장하기 전에 500K 포인트 파형으로 압축한다. 보다 긴 파형을 저장하려면, 파형을 하드 디스크에 저장해야 한다. 파형을 호출하려면, 파형을 다시 획득 메모리로 불러 오면 된다.

오실로스코프는 한 번에 11개까지의 파형을 디스플레이할 수 있다. 즉, 4개의 수신 채널 파형, 2개의 표준 파형, 그리고 3개의 연산 파형이 여기에 포함된다. 또한, 각기 다른 크기의 파형 레코드를 혼합하여 저장할 수 있다.

파형을 저장해 놓으면 많은 파형과 채널을 다루 때 매우 편리하다. 디스플레이할 수 있는 파형보다 더 많은 수의 파형이 있으면, 파형 중의 하나를 저장하고 포착을 정지한다. 이렇게 함으로써 첫 번째 파형을 놓치지 않고서도 다른 채널을 디스플레이할 수 있는 수신 채널을 확보하게 된다.

파형 저장 방법

파형을 저장하는 방법은 다음과 같다.

1. 저장하고자 원하는 파형을 가진 채널을 선택한다.

정지 단계 2로 실행하기 전에, **Active**(그림 3-76 참고)라고 표시된 기준 메모리 위치를 선택하면 그 곳에 저장된 파형에 겹쳐쓰게 된다. 이런 결과를 피하려면 **Empty**라고 표시된 기준 위치에 저장하면 된다.

2. TDS 600B: 파형을 내부에 저장하려면, **SAVE/RECALL WAVEFORM** → **Save Wfm(main)** → **To Ref1, To Ref2, To Ref3**, 또는 **To Ref4(side)**를 누른다.
3. TDS 500D와 TDS 700D: 파형을 내부에 저장하려면, **SAVE/RECALL WAVEFORM** → **Nomal(pop-up)** → **Save Wfm(main)** → **To Ref1, To Ref2, To Ref3, To Ref4(side)** 중 하나를 선택한다.

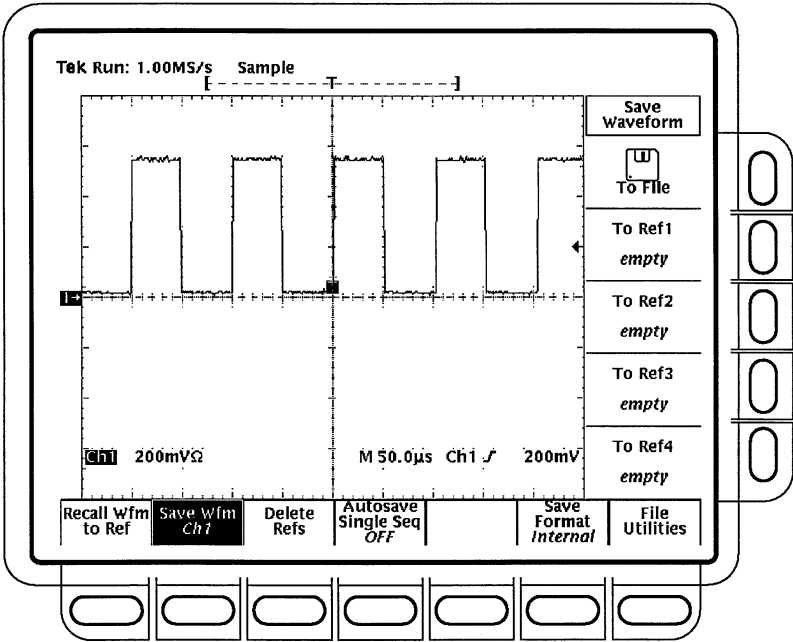


그림 3-76 Save Waveform 메뉴

주 확장 획득 저장 방법을 사용하면 파형만 저장된다. 이 경우 트리거 위치가 0%나 100%이면 실제 위치는 저장된 파형 바깥이다.

4. 파형을 디스크에 저장하려면, **To File(side)**을 누른다. 다음, 범용 노브를 사용하여 목록에서 저장하고자 하는 파일을 선택한다. 마지막으로, **Save To Selected File(side)**을 선택한다.

주 전원이 ON이 되면, 오실로스코프는 “Wild card” 파일을 만든다. 이런 파일은 유틸리티 메뉴에 TEK?????.WFM 이라고 표시되고 이 페이지 좌측에 나온 와일드 카드 아이콘이 나타난다. 단계 3에서 이 파일을 선택하면 독특한 파일명으로 번호 순으로 파형이 저장된다. 예를 들어서, 오실로스코프는 저장한 첫 번째 파형을 TEK00001.WFM라는 파일명으로 저장하고 두 번째 파형은 TEK00002.WFM 으로 저장한다.



획득을 저장하는 방법(Option 2M에만 적용)

획득을 저장하려면 다음 절차대로 한다.

1. 저장하려는 획득이 있는 채널을 선택한다.
2. 파형을 내부에 저장하려면, **SAVE/RECALL WAVEFORM → Extended(pop-up) → Save Acq(main)** 을 누른다.
3. **To File(side)**을 누른다. 범용 노브와 **SELECT** 단추를 사용하여 이동 목록에서 하드 드라이브(hd0:) 또는 외부 Zip 드라이브(zip:)와 정확한 파일을 선택한다. **Save To Selected File(side)** 을 눌러 작업을 완료한다.



주 전원이 연결되자마자 오실로스코프는 “Wild card” 파일을 만든다. 이 파일은 파일 유틸리티 메뉴에 TEK?????.WF1 이라고 표시되고 이 페이지 좌측에 나온 와일드 카드 아이콘이 나타난다. 단계 3에서 이파일을 선택하면 획득을 고유 이름으로 저장하고 순서대로 번호를 매긴다. 예를 들어 첫 번째 획득은 TEK00001.WF1 에 저장하고, 두 번째 획득을 저장하면 TEK00002.WF1 에 저장된다.

획득을 저장하거나 불러내면 처리 중인 획득은 중지된다.

이미지 막대 그래프 저장하기

이미지 막대 그래프를 저장하려면, 다음 단계를 수행한다.

1. 저장하려는 이미지 데이터베이스가 생성된(DPO, 막대 그래프 및 마스크 계산) 모드를 입력한다. **Image Hist** 는 DPO 가 활성화 되어 있지 않으면 회색이 된다.
2. 이미지 막대 그래프를 저장하려면, **SAVE/RECALL WAVEFORM → Image Hist (pop-up) → Save Image Histogram (main)** 를 누른다.
3. **To File(side)**를 누른다. 그런 다음 범용 노브와 **SELECT** 단추를 사용하여 나타나는 이동 막대 목록에서 드라이브(파일은 deep 모드에서 800,000 이상의 바이트와 shallow 모드에서 400,000 이상의 바이트를 포함한다)와 정확한 파일을 선택한다. 마지막으로, **Save To Selected File (side)** 를 눌러 동작을 완료한다.



주 전원을 켜자마자, 오실로스코프는 이미지 막대 그래프를 저장하기 위해 TEK?????.IMH라는 파일과 와일드 카드 아이콘(왼쪽 그림)으로 파일 유틸리티 메뉴에 표시된 “와일드 카드” 파일을 작성한다. 단계 3에서 이 파일을 선택하면 고유한 이름의 순차적으로 번호가 붙은 파일에 이미지 막대 그래프가 저장된다. 예를 들어, 오실로스코프는 사용자가 파일 TEK00001.IMH에 저장한 첫번째 이미지 히스토그램을 저장하고, 두 번째는 TEK00002.IMH 등에 저장한다.

이미지 막대 그래프를 호출하면 획득이 중지된다.

포맷을 바꾸는 방법

오실로스코프가 어떠한 포맷으로 파형을 디스크에 저장할 때 사용할 포맷을 선택하려면,
TDS 600B: **save/recall WAVEFORM**→**Save Format(main)**→**Internal, MathCad, 또는 Spreadsheet(side)**를 누른다.

TDS 500D와 TDS 700D: **save/recall WAVEFORM**→**Normal** 또는 **Extended(pop-up)**→**Save Format(main)**→**Internal, MathCad, Spreadsheet(side)** 중 하나를 선택한다. MathCad와 Spreadsheet는 Normal 파형 메뉴에서만 사용할 수 있다.

*Internal*은 오실로스코프의 내부 포맷으로 파일(.WFM이나.WF1)을 만든다.

*MathCad*는 MathCad®가 사용할 수 있는 포맷으로 파일(.DAT)을 만든다.

*Spreadsheet*는 스프레드시트(Excel®, Lotus 1-2-3®, Quattro Pro®)에서 사용할 수 있는 포맷으로 파일(.CSV)을 만든다.

MathCad 프로그램을 사용할 때 TDS-MathCad 파일이 ASCII 파일이라는 점을 유의한다. 파일의 처음 4개의 값에는 헤더 정보가 있다.

- 첫 번째 헤더값은 TDS 레코드 길이이다.
- 두 번째 헤더값은 샘플 간의 시간을 초단위로 표시한다.
- 세 번째 헤더값은 트리거 위치이다 (데이터 위치에서 인덱스로 표시).
- 네 번째 헤더값은 분수로 나타낸 트리거 위치이다.

구획 문자는 리턴키이다.

파형을 지우는 방법

더 이상 필요하지 않은 표준 파형을 지우려면,

TDS 600B: **SAVE/RECALL WAVEFORM**→**Normal(pop-up)**→**Delete Refs(main)**→**Delete Ref1, Delete Ref2, Delete Ref3, Delete Ref4, 또는 Delete All Refs(side)**를 누른다.

TDS 500D와 TDS 700D: **SAVE/RECALL WAVEFORM**→**Delete Refs(main)**→**Delete Ref1, Delete Ref2, Delete Ref3, Delete Ref4, Delete All Refs(side)** 중 하나를 선택한다.

모든 파형과 설정을 지우기

저장된 모든 표준 파형들과 설정을 지우려면, Tek Secure라는 기능을 사용한다. 3-167 쪽의 “모든 설정과 파형 지우기”를 참고한다.

저장된 파형을 디스플레이하는 방법

파형을 내부 기준 메모리에 저장하려면,

MORE → Ref1, Ref2, Ref3, Ref4(main) 중 하나를 누른다 (그림 3-77 참고).

그림 3-77 에서 주 메뉴 항목 Ref2, Ref3, Ref4는 Ref1 이 표시되어 있는 동안은 흐리게 표시된다. 빈 기준은 More 메뉴에서 흐리게 표시된다.

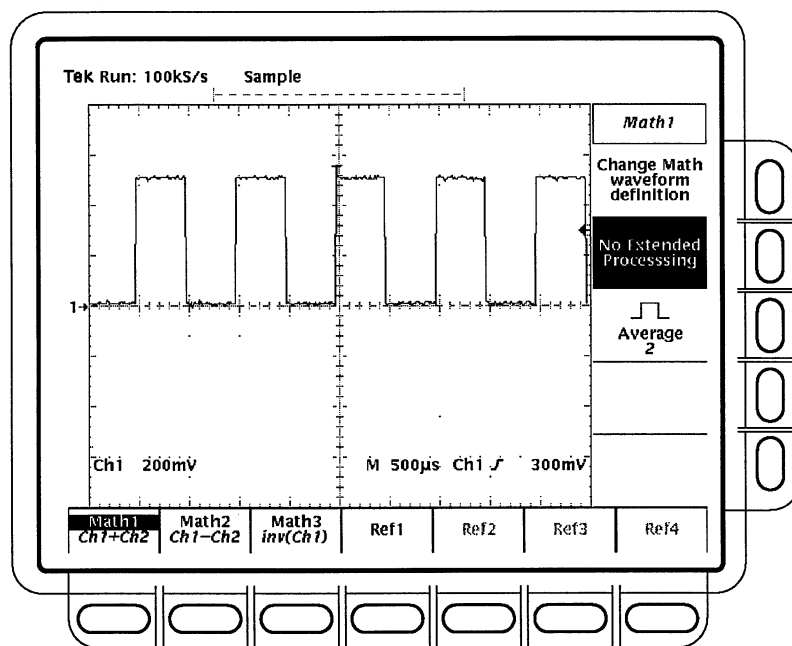


그림 3-77 More 메뉴

디스크에서 파형을 호출하는 방법

디스크에서 내부 기준 메모리로 파형을 불러내려면,

TDS 600B: SAVE/RECALL WAVEFORM → Recall Wfm To Ref(main) → Recall From File(side) 을 누른다.

TDS 500D와 TDS 700D: SAVE/RECALL WAVEFORM → Normal(pop-up) → Recall Wfm To Ref(main) → Recall From File(side) 을 누른다.

범용 노브로 이동 목록에서 정확한 파일을 선택한다. 확장명이 .WFM 인 파일만 나타난다. **TO Ref1, To Ref2, To Ref3, To Ref4(side)** 중 하나를 누른다.

디스크에서 획득 불러내는방법 (TDS500D와 TDS700D에만 적용)

디스크에서 획득 채널로 획득을 불러오려면, **SAVE/RECALL WAVEFORM → Extended(pop-up) → Recall Acq To Channel(main) → Recall From File(side)** 을 누른 다음 범용 노브로 이동 목록에서 불러낼 파일을 선택한다. 확장명이 .WF1인 파일만 나타난다. **To Ch1, To Ch2, To Ch3, To Ch4(side)** 중 하나를 누른다. 사용 중인 채널만 선택할 수 있다. 획득을 저장하거나 불러내면 진행 중인 획득이 중지된다.

디스크에서 이미지 막대 그래프 호출하기

디스크에서 이미지 막대 그래프를 호출하려면, **SAVE/RECALL WAVEFORM → Image Histo (pop-up) → Recall To Image Histogram (main) → Recall From File (side)** 를 누른 다음 범용 노브를 사용하여 나타나는 이동 막대 목록에서 정확한 파일을 선택한다. 확장자가 .IMH 인 파일만 표시된다. 마지막으로, **Recall Image Histo from Selected File (side)**를 눌러 동작을 완료한다. 이미지 막대 그래프를 호출하면 진행 중인 획득이 중지된다. 이미지 막대 그래프를 호출한 후에, STATUS 메뉴, 호출된 이미지 막대 그래프는 이미지를 저장했을 당시의 수직 및 수평 상태를 표시한다.

Autosave 활성화

자동 저장을 사용하려면,

TDS 600B: SAVE/RECALL WAVEFORM → Autosave(main) → Autosave Single Seq ON(side)를 누른다.

TDS 500D와 TDS 700D: SAVE/RECALL WAVEFORM → Normal(pop-up) → Autosave(main) → Autosave Single Seq ON(side)를 누른다.

획득 메뉴에서 **Single Acquisition Sequence**를 작동시킨다(3-37 쪽 “Stop After”를 참고).

이 기능을 비활성화하려면 **Autosave(main) → Autosave Single Sequ OFF(side)**를 누른다.

자동 저장과 단일 순서 두 기능을 모두 사용하면 오실로스코프에서 각 단일 순서 이벤트마다 활성 채널을 기준 파형으로 저장한다. 이전 기준 파형 데이터는 모두 삭제된다.

새로운 Autosave 싱글 포착 순서를 실행하기 위하여 오실로스코프를 재무장시키려면, **RUN/STOP** 을 누른다.

표준 파형의 분실을 예방하려면, 오실로스코프를 재무장하기 전에 디스크에 저장해 놓으면 된다 (SAVE/RECALL WAVEFORM 메뉴를 사용).

Autosave 를 사용할 때 다음과 같은 사항을 유의한다.

- Autosave는 모든 라이브 파형을 저장한다. 즉, CH1-CH4 안에 디스플레이된 파형들을 의미한다. 저장할 라이브 파형들은 화면에 반드시 먼저 디스플레이되어야 한다.
- Autosave 는 각 라이프 파형을 해당 채널 (CH1 to Ref1, CH2 to Ref2, 등등) 의 기준 메모리 안에 저장한다.
- Autosave를 실행하면 4개의 기준 메모리가 모두 지워진다. 중요한 파형이 지워지지 않게 하려면 단일 획득 순서를 실행하기 전에 디스크에 저장한다.
- DPO 모드나 Extended Acquisition 이 켜져 있을 때는 Autosave 를 사용할 수 없다.

파일 유틸리티를 실행하는 방법

파일 유틸리티를 실행하려면, 3-175 쪽의 “파일 시스템 관리”를 참고한다.

파일 시스템 관리

TDS 오실로스코프는 파일 유틸리티와 플로피 디스크 드라이브(선택 품목으로 하드 디스크)를 제공하므로 하드카피나 설정 또는 파형들을 저장할 수 있다. 이 단원에서는 파일 시스템을 사용하여 어떻게 이 파일들을 관리(지우기, 이름 바꾸기, 등등) 하는지를 설명한다. 하드 카피, 설정 또는 파형 저장에 관한 설명은 3-180 쪽의 “더 자세한 설명”을 참고한다.

파일 유틸리티 접속하기

File Utilities 메뉴는 파일을 지우고, 이름을 바꾸고, 복사하고, 인쇄하고, 새로운 디렉토리를 만들고, 지우기와 겹쳐쓰기 잠금을 확인하고, 디스크를 포맷을 할 수 있도록 한다.

File Utilities 메뉴를 불러오려면,

1. TDS 600B: **SAVE/RECALL SETUP** 단추를 눌러서 Save/Recall Setup 메뉴를 불러온다. 또는, **SAVE/RECALL WAVEFORM** 단추를 눌러서 Save/Recall Waveform 메뉴를 불러오거나, **SHIFT HARDCOPY** 단추를 눌러서 Hardcopy 메뉴를 누른다.

2. TDS 500D와 TDS 700D: **SAVE/RECALL SETUP** 단추를 눌러서 Save/Recall Setup 메뉴를 불러온다. 또는, **SAVE/RECALL WAVEFORM → Normal** 또는 **Extended**(pop-up)를 눌러 Save/Recall Waveform 메뉴를 불러오거나, **SHIFT HARDCOPY** 단추를 눌러서 Hardcopy 메뉴를 불러온다.
3. 주 메뉴에서 **File Utilites**를 눌러서 File Utilitics 사이드 메뉴를 불러온다(그림 3-78 참고).

주 현재 디스크에 남아있는 저장 용량은 디스플레이의 상단 우측 코너에 표시된다. 오실로 스크프는 그 용량을 Kbytes(남은 용량이 1Mbyte 이상일 때는 Mbytes)로 보여준다. 용량을 byte로 바꾸려면, Kbyte에 1024를 곱하면 된다. 따라서, 그림 3-78의 690Kbytes는 $690Kbyte \times 1024byte/Kbyte = 706,560byte$ 가 된다.

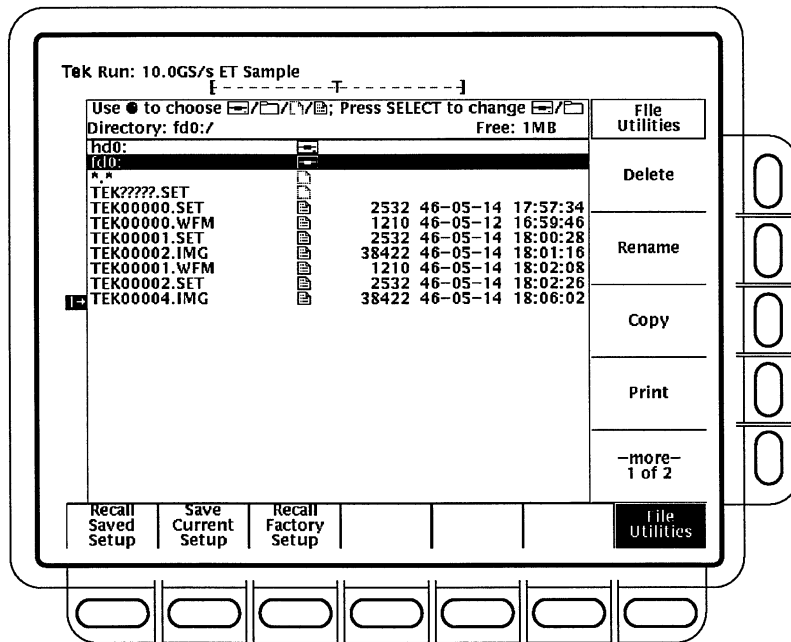


그림 3-78 파일 유틸리티

지우기



파일이나 디렉토리를 지우려면,범용 노브를 돌려서 지우고자 하는 파일명이나 디렉토리명 그리고 파일 아이콘이나 디렉토리 아이콘이 표시되어 있는 곳에 커서를 멈춘다. 다음,사이드 메뉴의 **Delete** 단추를 누른다.

파일 목록의 모든 파일들을 지우려면,커서를 *.*에 설정한다.

오실로스코프는 디렉토리를 재귀방식으로 지운다. 다시 말하면,디렉토리과 함께 그 안의 모든 파일들을 지운다.

이름 바꾸기

파일이나 디렉토리 이름을 바꾸려면,범용 노브를 사용하여 지우고자 하는 파일이나 디렉토리에 커서를 멈춘다. 예를 들어서 디폴트 파일명이 TEK????인 파일의 이름을 바꾸려면 커서를 그 이름에 멈춘다. 다음,사이드 메뉴 **Rename** 단추를 누른다 (그림 3-79 참고).

레이블링 메뉴가 나타난다. 범용 노브나 주 메뉴 화살표를 사용하여 각 글자를 선택한다. 주 메뉴에서 **Enter Char**를 눌러서 각 글자를 입력한다. 이름을 다 입력했으면,사이드 메뉴에서 **OK Accept**를 누른다.

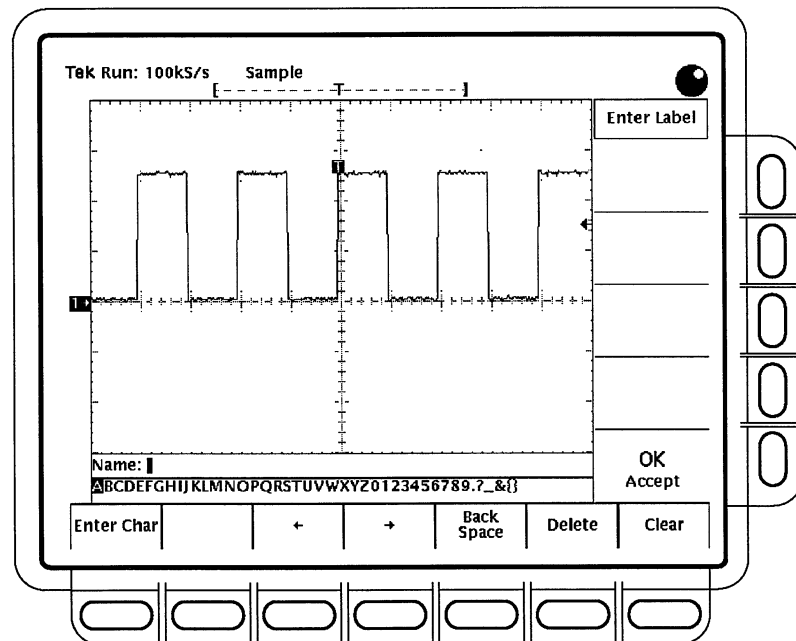


그림 3-79 파일 시스템 - 레이블링 메뉴

복사하기

파일이나 디렉토리를 복사하려면, 범용 노브로 복사할 파일명에 커서를 놓는다. 다음, 사이드 메뉴 **Copy** 단추를 누른다. 복사될 디렉토리명과 함께 파일 메뉴가 다시 나타난다. 디렉토리를 선택하고 **Copy< 이름 >to Selected Directory** 라고 표시된 사이드 메뉴를 누른다.

파일들을 모두 복사하려면, *.*를 선택한다.

오실로스코프는 모든 디렉토리를 재귀방식으로 복사한다. 다시 말하면, 디렉토리과 함께 그 안의 모든 파일들을 복사한다.

인쇄하기

파일을 인쇄하려면, 범용 노브를 돌려서 인쇄하고자 하는 파일에 커서를 멈춘다. 다음, 사이드 메뉴 **Print** 단추를 누른다.

주 Zip 드라이브가 연결되어 있는 동안에는 Centronix 포트로 인쇄할 수 없다.

Print-to 사이드 메뉴가 나타난다. 어떤 포트로 인쇄할지 **GPIB, RS-232**, 또는 **Centronics** 에서 선택한다. 다음, 오실로스코프는 파일을 선택한 포트로 보낸다. 프린터는 그 파일 포맷을 인쇄할 수 있어야 한다.

디렉토리 만들기

새 디렉토리를 만들려면, 사이드 메뉴 **Create Directory** 단추를 누른다.

레이블링 메뉴가 나타난다. 범용 노브를 돌리거나 주 메뉴 화살표를 사용하여 각 글자를 선택한다. 주 메뉴에서 **Enter Char**를 눌러서 각 글자를 입력한다. 이름을 입력했으면 사이드 메뉴 **OK Accept** 항목을 누른다 (그림 3-79 참고).

Confirm Delete 설정

Confirm Delete 메시지를 TURN ON하거나 OFF하려면, 사이드 메뉴 **Confirm Delete** 단추를 토글한다.

Confirm Delete 옵션이 OFF되어 있으면, 오실로스코프는 파일이나 디렉토리를 즉시 지운다. Confirm 옵션이 ON이 되어 있으면, 오실로스코프는 파일을 지우기 전에 경고를 해준다.

Overwrite Lock 설정

파일 겹쳐쓰기 잠금을 ON으로 하려면,사이드 메뉴 **Overwrite Lock** 단추를 토글한다.

겹쳐쓰기 잠금이 ON이 되어 있으면,오실로스코프는 같은 이름의 파일에 겹쳐쓰는 것을 억제한다. 겹쳐쓰게 하는 이유는 와일드 카드 글자(“?”)가 들어있는 타겟 파일명을 사용하여 파일을 기록할 수 있도록 하기 위해서다. 다시 말하면,오실로스코프는 이름이 비슷한(다만,“?” 대신에 순서 번호가 들어감) 순서 파일을 만들어 낸다는 의미이다.

드라이브 선택하기



플로피 디스크나 하드 디스크(선택)를 선택하려면,범용 노브를 돌려 드라이브 이름(fd0:, hd0: 또는 Zip:)과 디스크 드라이브 아이콘(왼쪽 그림)이 표시된 선에 커서를 놓는다. **SELECT**를 누른다.

포맷하기



720 Kbyte 나 1.44 Mbyte 디스크 또는 선택 하드 디스크를 포맷하려면,범용 노브로 원하는 드라이브 이름(fd0:,hd0:)과 디스크 드라이브 아이콘(왼쪽 그림)이 표시된 선에 커서를 놓는다. 그 다음, 사이드 메뉴의 **Format** 단추를 누른다.

Zip 드라이브를 포맷하려면, 호환 PC에 연결하고 Iomega 도구를 사용한다.

프린터와 Zip 드라이브 연결하기

Iomega Zip 드라이브를 사용하여 파형과 하드카피를 저장하고 호출할 수 있다. Zip 드라이브가 Centronix 포트에 연결되어 있으면, 프린터는 Centronix 포트를 사용할 수 없으며 메뉴에서 회색으로 나타난다. Zip 드라이브를 Centronix 병렬 포트에 연결하려면, 다음 단계를 수행한다.

1. 오실로스코프의 전원을 끈다.
2. 병렬 포트에 프린터가 연결되어 있을 경우, 프린터를 분리한다.
3. 병렬 포트 호환 Zip 드라이브를 Centronix 포트에 연결한다 (포트 위치는 2-5 쪽의 그림을 참고한다).
4. 오실로스코프의 전원을 켜 후 또는 동시에 Zip 드라이브의 전원을 켜다. Zip 드라이브의 전원을 먼저 올려서는 안된다.

오실로스코프가 시동될 때 프린터 또는 Zip 드라이브가 연결되어 있는지 확인한다. 시동 후에 I/O 장치를 변경한 다음 사용하려고 시도하면 오류 메시지를 생성할 것이다.

더 자세한 설명은

3-165 쪽의 “설정 저장과 불러오기”

3-168 쪽의 “파형과 획득 저장하기”

3-180 쪽의 “하드카피 인쇄”

하드카피 인쇄

TDS 오실로스코프는 디스플레이를 인쇄가능하게 한다. 하드카피를 인쇄하려면, 오실로스코프의 통신 및 하드카피 파라미터를 어떻게 구성하는지 그리고 프린터에 어떻게 연결하는지 또한 어떻게 인쇄하는지를 알아야 한다. 이 항에서는 이 작업을 어떻게 수행하고 또한 하드카피를 디스크에 저장하는 방법을 설명한다.

지원 프린터

오실로스코프는 디스플레이 하드카피를 여러 포맷으로 인쇄하기 때문에 여러 프린터를 지원한다. 또한 하드카피를 탁상출판 시스템으로 전송하기도 쉽다. 이 오실로스코프가 지원하는 프린터는 다음과 같다.

- HP Thinkjet inkjet printer
- HP Deskjet inkjet printer
- HP Color Deskjet inkjet printer
- HP Laserjet laser printer
- Epson
- DPU-411/ II portable thermal printer
- DPU-412 portable thermal printer
- PCX® (PC Paintbrush®)
- PCX Color(PC Paintbrush®)
- TIFF® (Tag Image File Format)
- BMP® Mono(Microsoft Windows file format)
- BMP® Color(Microsoft Windows file format)
- RLE Color(Microsoft Windows color image file format - compressed)
- EPS Mono Image(Encapsulated Postscript,mono-image)
- EPS Color Image(Encapsulated Postscript,color-image)
- EPS Mono Plot(Encapsulated Postscript,mono-plot)
- EPS Color Plot(Encapsulated Postscript,color-plot)
- Interleaf
- HPGL Color Plot

선택한 출력 포맷에 따라서,오실로스코프는 image 또는 plot으로 파일을 만든다. Image 는 오실로스코프 디스플레이를 bit map 형식으로 만든다. Plots 는 디스플레이를 vector(plotted)형식으로 만든다. DPO 화면에서 gray-scale 정보를 얻기 위해서는 BMP clolr 또는 EPS Image 형식을 이용한다.

어떤 포맷들은 특히 Interleaf, EPS, TIFF, PCX, BMP, 그리고 HPGL은 여러 사지 탁상 출판 소프트웨어들과 호환된다. 호환된다는 말은 오실로스코프의 파일을 탁상출판 시스템 문서 중간에 직접 삽입해 넣을 수 있다는 의미이다.

EPS Mono와 Color 포맷은 Tektronix Phaser Color Printer와 호환되며, HPGL은 Tektronix HC100 Plotter와 호환되고, Epson은 Tektronix HC200 Printer와 호환된다.

하드카피 만들기 설정

하드카피를 만들기 전에, 통신 파라미터와 하드카피 파라미터를 설정할 필요가 있다. 하드카피 만들기 설정 방법은 다음과 같다.

통신 파라미터를 설정 오실로스코프 (GPIB, RS-232 또는 Centronics 포트)와 직접 연결된 프린터와의 통신 파라미터를 설정하는 방법은,

SHIFT → UTILITY → System(main) → I/O(pop-up) → Configure(main) → Hardcopy (Talk Only)(side)를 누른다 (그림 3-80).

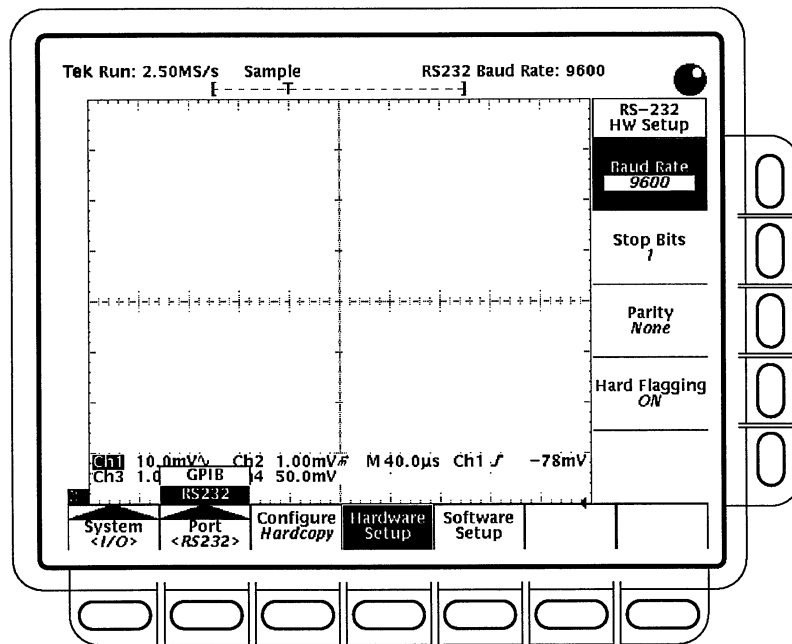


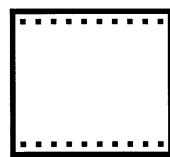
그림 3-80 유틸리티 메뉴 - system I/O

하드카피 파라미터 설정 하드카피 포맷, 레이아웃, 그리고 하드카피 메뉴를 사용하여 포트의 종류를 지정하려면, 다음과 같이 한다.

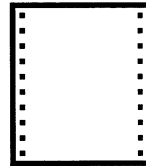
1. **SHIFT → HARDCOPY MENU**를 눌러서 Hardcopy 메뉴를 불러온다.
2. **Format(main)→Thinkjet, Deskjet, DeskjetC, Laserjet, Epson, DPU-411, DPU-412, PCX, PCX Color, TIFF, BMP Mono, BMP Color, RLE Color, EPS Mono Img, EPS Color Img, EPS Mono Plt, EPS Color Plot, Interleaf, 또는 HPGL(side)**을 누른다.(-more-(side)를 누르면 이 모든 선택 페이지들을 볼 수 있다.)

주 DeskJetC와 같은 포맷들은 화면을 프로세스하고 인쇄하는 데 몇분이 걸린다. 이러한 포맷을 사용할 때는, 오실로스코프가 첫 번째 하드카피 인쇄를 프로세스하고 있는 도중에 Hardcopy 단추를 누르면 인쇄 기능이 도중에 중단해 버리기 때문에 주의한다.

3. **SHIFT → HARDCOPY MENU → Layout(main) → Landscape 또는 Portrait(side)**를 누른다 (그림 3-81 참고).



Landscape Format



Portrait Format

그림 3-81 하드카피 포맷

4. **SHIFT → HARDCOPY MENU → Palette(main) → Hardcopy 또는 Current(side)**를 눌러서 하드카피 팔레트를 지정한다. **Current**는 현재 세팅되어 있는 팔레트를 사용하여 하드카피를 인쇄하고, **Hardcopy**는 하드카피 팔레트를 프린터에 맞게 세팅한다.
5. **SHIFT → HARDCOPY MENU → Port(main)**를 눌러서 하드카피의 출력 채널을 지정한다. 선택으로는 **GPIO, RS-232, Centronics,** 그리고 **File**이 있다.

주 메뉴 **File**은 플로피 디스크 드라이브를 하드카피의 목적지로 선택한다. 3-188쪽의 “플로피 디스크에 저장하기”를 참고한다. 디스크 드라이브는 플로피 디스크나 하드 디스크(선택), 또는 Zip 드라이브일 수 있다. Zip 드라이브를 장착했을 경우에는 **File**이 선택되고 Centronics는 음영화된다.

하드카피에 날짜 / 시간 인쇄하기 현재 날짜와 시간을 화면에 디스플레이하여 인쇄하는 하드카피에 찍혀 나오게 할 수 있다. 날짜와 시간을 하드카피에 인쇄하는 방법은 다음과 같다.

1. **DISPLAY→Setting(main)→Display(pop-up)→Readout Options(main)→Display Data and Time(side)**을 눌러서 세팅을 **On**으로 토글한다.
2. 날짜와 시간을 설정하려면, 3-4 단계를 건너뛰어서 아래 “날짜와 시간 설정”으로 간다. 다음, 이 절차를 다시 실행한다.
3. **Clear Menu**를 눌러 메뉴를 디스플레이에서 지우면 날짜와 시간이 화면에 나온다 (그림 3-82 참고). (메뉴가 디스플레이되면 날짜와 시간이 지워진다.)
4. 오실로스코프가 일단 프린터에 연결되면, **HARDCOPY**를 눌러서 날짜 / 시간을 하드카피에 인쇄한다.

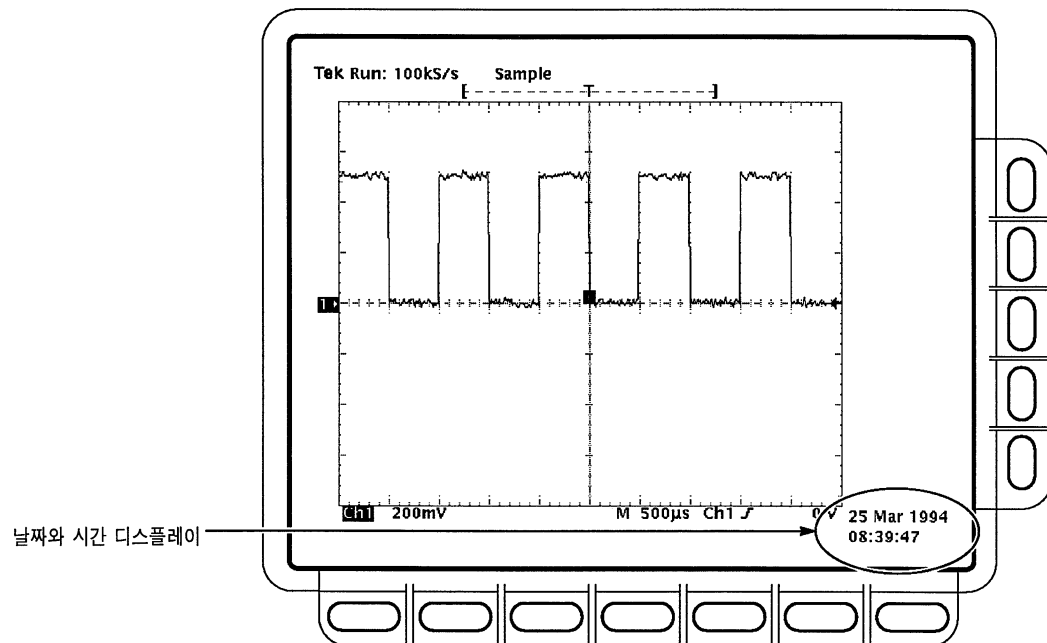


그림 3-82 날짜와 시간 디스플레이

날짜와 시간 설정 오실로스코프의 날짜와 시간을 설정해야 할 경우가 있다. 그 절차는 다음과 같다.

1. **SHIFT → UTILITY → Config(pop-up) → Set Data & Time(main) → Year, Day, Month, Hour, 또는 Minute(side)** 를 누른다.
2. 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 원하는 수치로 파라미터를 설정한다.(키패드를 사용할 때 포맷은 일 / 월이다. 예를 들어서, 23.6 은 6월 23일이다.)
3. 1 단계와 2 단계를 반복하여 다른 파라미터들을 설정한다.
4. **OK Enter Data/Time(side)** 을 누르면 세팅이 효력을 발생한다. 초는 "0"으로 세트된다.

주 클록을 세팅할 때, 시간을 약간 빠르게 설정을 해 놓고 현재 시간이 이를 따라오는지 기다려본다. 현재 시간이 설정한 시간을 따라오면, **Ok Enter Data/Time(side)**을 눌러서 설정 시간과 현재 시간을 일치시킨다.

5. **CLEAR MENU**를 눌러서 날짜 / 시간의 세팅을 확인해 본다.

하드카피 장치로 직접 인쇄하기

하드카피를 만드는 방법은 다음과 같다.

하드카피 장치에 연결한다. 오실로스코프를 하드카피 장치에 직접 연결하려면, 그 장치가 어떤 인터페이스와 케이블을 사용하는지 확인하고 거기에 따라 연결한다 (그림 3-83).

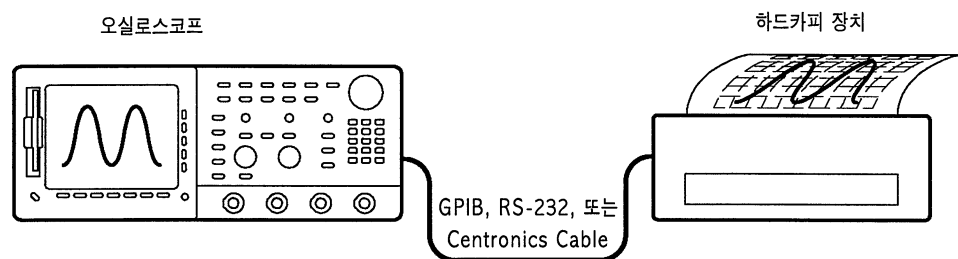


그림 3-83 오실로스코프를 하드카피 장치에 직접 연결하기

Tektronix HC100 Plotter와 같은 장치들은 GPIB 인터페이스를 사용한다. Tektronix HC200과 같은 프린터들은 Centronics 인터페이스를 사용한다. Option 03을 구비한 HC100과 HC200을 포함한 많은 하드카피 장치들이 RS-232를 지원한다(하드카피 장치의 사용안내서를 참고).

인쇄 싱글 하드카피를 인쇄하거나, 하드카피가 인쇄되고 있는 도중에 추가 하드카피를 오실로스코프 스푼(queue)로 보내려면, **HARDCOPY**를 누른다.

하드카피가 프린터로 보내지고 있는 동안, 오실로스코프는 “Hardcopy in process-Press **HARDCOPY** to about.”라는 메시지를 디스플레이한다.

취소 현재 전송되고 있는 하드카피를 중단하려면, Hardcopy in process 메시지가 아직 화면에 나와있는 동안 **HARDCOPY**를 누른다.

스풀에 추가 추가 하드카피를 프린터 스푼에 추가하려면, “Hardcopy in process” 메시지가 화면에서 없어진 후에 **HARDCOPY**를 다시 누른다.

스풀이 완전히 찰 때까지 하드카피를 스푼에 추가할 수 있다. 하드카피가 스푼에 치워지면, “Hardcopy in Process-Press **HARDCOPY** to about” 메시지가 화면에 나온다. 그 메시지가 아직 디스플레이되고 있는 중에 단추를 누르면 마지막으로 보낸 하드카피만 취소된다. 프린터가 스푼을 충분히 비워서 마지막 하드카피 추가를 완료하면 메시지가 없어진다.

스풀 제거 하드카피를 스푼에서 제거하려면, **SHIFT → HARDCOPY MENU → Clear Spool(main) → OK Confirm Clear Spool(side)**을 누른다.

오실로스코프는 하드카피를 프린터로 스푼링할 때 사용하지 않은 RAM을 활용한다. 따라서, 스푼의 크기는 바꿀 수 있다. 하드카피를 몇 장이나 스푼할 수 있는지는 다음 3개의 변수에 달려있다.

- 사용안한 RAM
- 선택한 하드카피 포맷
- 디스플레이의 복잡성

일반적으로, 2.5 장의 하드카피가 스폴이 된다. 오실로스코프는 남은 3 번째 카피를 보낼 때까지 기다려야 한다.

디스크에 저장

하드카피를 디스크로 보내는 방법은 다음과 같다.

1. 오실로스코프 통신 및 하드웨어 파라미터를 3-182 쪽의 “하드카피 만들기 설정” 에서 설명한 대로 설정한다.
2. 포맷이 된 720Kbyte 또는 1.44Mbyte 디스크를 오실로스코프 디스플레이 왼쪽에 있는 슬롯에 삽입한다.

주 디스크를 포맷하려면, 디스크에 저장되는 하드카피 파일들을 지우거나, 디스크 저장을 관리한다. 3-175 쪽의 “파일 시스템 관리” 를 참고한다.

3. **SHIFT→HARDCOPY MENU→Port(main)→File(side)**을 눌러서 하드카피가 드라이브 안의 파일로 출력되도록 지정한다. 파일 목록과 스크롤바가 나타난다.
4. 범용 노브를 돌려서 스크롤바를 하드카피가 저장될 파일 위에서 멈추게 한다.

주 전원 스위치를 켜면, 오실로스코프는 하드카피를 저장할 “와일드 카드” 파일 **TEK?????.FMT**를 만든다. “.FMT”는 선택한 하드카피 포맷으로 대체된다. 이 파일을 선택하고 *Hardcopy*를 누르면 하드카피를 독특한 이름의 순차적 번호의 파일명으로 저장한다. 예를 들어서, 오실로스코프는 첫 번째 하드카피를 **TEK00001.FMT** 파일에 저장하고, 두 번째는 **TEK00002.FMT**에 저장한다.

5. **HARDCOPY**를 눌러서 하드카피를 선택한 파일로 인쇄한다.

파일을 디스크에 저장하면 하드카피를 편리하게 저장할 수 있다. 하드카피가 캡처된 위치에서 먼 곳에서 있는 디스크에 저장된 하드카피를 인쇄할 수 있다. 또는, 디스크 안에 저장된 하드카피를 PC 호환 컴퓨터상에서 데스크톱 소프트웨어로 삽입할 수 있다.

컨트롤러를 사용하여 인쇄

하드카피를 만드는 방법은 다음과 같다.

하드카피 장치에 연결 컨트롤러를 오실로스코프와 하드카피 장치 사이의 두 개의 포트에 연결하려면, 오실로스코프 GPIB 커넥터 (후면 패널) 를 컨트롤러 GPIB 포트에 연결하고, 컨트롤러 RS-232 또는 Centronics 포트에서 하드카피 장치로 연결한다 (그림 3-84참고). GPIB 포트를 사용하여 하드카피를 리모트 지점에서 출력하거나 수신할 수 있다. RS-232 또는 컨트롤러상의 Centronics 포트를 사용하여 프린터로 출력한다.

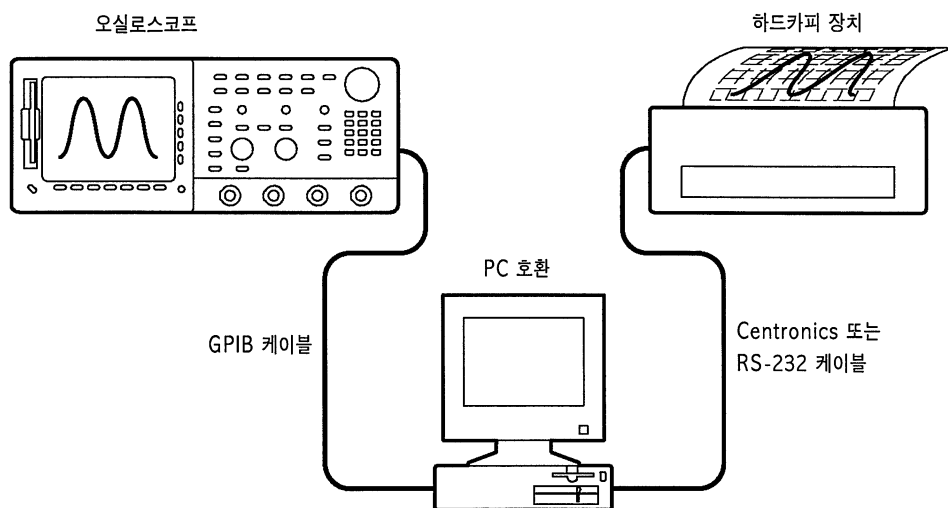


그림 3-84 오실로스코프와 하드카피 장치를 PC 와 연결

인쇄 컨트롤러가 PC 와 호환이 되고 Tektronix GURU[™] 또는 S3FG210(National Instruments GPIB-PCII/IIA) GPIB 패키지를 사용할 경우는 다음과 같이 하드카피를 인쇄한다.

1. MS-DOS *cd* 명령어를 사용하여 GPIB 보드와 함께 제공된 소프트웨어가 들어있는 디렉토리를 이동한다. 예를 들어, GPIB-PC 디렉토리에 소프트웨어를 설치했다면, Type: **cd GPIB-PC**
2. GPIB 보드와 제공된 IBIC 프로그램을 실행한다. Type: **IBIC**
3. Type: **IBFIND DEV1** 여기서, "DEV1"은 사용자가 GPIB 보드와 제공된 IBCONF.EXE 프로그램을 사용하여 정의한 오실로스코프의 이름이다.

주 다른 이름을 정의했다면, “DEV1”대신에 그 이름을 사용한다. 또한, *IBCONF.EXE* 프로그램에서 설정한 오실로스코프의 디바이스 어드레스는 오실로스코프 *Utility* 메뉴(일반적으로 “1”을 사용)에서 설정한 어드레스와 동일해야 한다.

4. Type: **IBWRT “HARDCOPY START.”**

주 오실로스코프 *Utility* 메뉴는 *Talk/Listen* 에 설정되었다 -*Hardcopy(Talk Only)*에 설정되어 있지 않았다. 그렇지 않으면, 이 단계에서 에러 메시지가 생긴다. 오실로스코프 *Utility* 메뉴 세팅은 3-182 쪽의 “통신 파라미터 설정”에 설명이 나와있다.

5. Type: **IBRDF<Filename>** 여기서 <filename>은 타당한 DOS 파일명이며, 이 이름으로 하드카피 파일을 명한다. 이 파일명은 최대 8자 그리고 확장자는 최대 3자이다. 예를 들어서 “*ibrdf screen1*”이라고 입력한다.

6. **EXIT** 이라고 입력하여 IBIC 프로그램을 끝낸다.

7. 파일의 데이터를 하드카피 장치로 복사한다. Type: **COPY<Filename><Output port>** 여기서, <Filename>은 단계 5에서 정의한 이름이다. 그리고 <Output port>는 하드카피 장치가 연결된 PC 출력 포트이다. 예를 들면 LPT1 또는 LPT2.

예를 들어서, *screen1*이라는 이름의 파일을 *lpt1* 병력 포트에 연결된 프린터로 인쇄하려면, “*copy screen1 lpt1:/B*”라고 입력한다.

그러면, 프린터는 오실로스코프 화면을 인쇄한다.

주 하드카피 파일을 컴퓨터 네트워크상으로 전송할 경우에는 *binary(8bit)* 데이터 경로를 사용한다.

리모트 장치로 통신

TDS 오실로스코프는 시스템 환경으로 연결될 수 있다. 따라서, 원격 제어를 할 수 있고 또는 컴퓨터 사이에서 측정 결과나 파형 데이터를 교환할 수 있다. 이 항은 IEEE Std 488.2-1987(GPIB) 인터페이스상으로 오실로스코프를 컨트롤하고 작동하려면 어떻게 설정하는지 설명한다.

원격 제어장치 준비

데이터를 GPIB 상으로 오실로스코프에서 다른 장치로 전송하려면, 다음 절차를 실행하여 그 장치가 GPIB 프로토콜을 지원하고 또한 GPIB 인터페이스 규격에 부합되는지를 확인한다.

GPIB 프로토콜 확인 연결되는 장치가 GPIB 포로토콜을 지원하는지 확인한다. 이 프로토콜은 다음을 커버한다.

- 리모트 장치 제어
- Bidirectional 데이터 통신
- 장치 호환성
- 상태와 이벤트 보고

GPIB 시스템의 개발을 간략화하기 위하여 GPIB 상에서 이동되는 Tektronix 정의된 코드와 메시지 포맷을 사용하는 장치들을 포함한다. 이 코드들과 포맷을 따르는 각 장치는 (예를 들어 이 오실로스코프) 표준 명령어를 지원한다. 이러한 명령어를 지원하는 장치들을 사용하면 GPIB 시스템 개발 절차를 훨씬 간략화할 수 있다.

GPIB 인터페이스 규격을 알아둔다. 오실로스코프를 GPIB 네트워크에 연결하려면, 다음 규칙을 읽고 따른다.

- 싱글 버스에 컨트롤러를 포함하여 15 개 이상의 장치를 연결하지 마시오.
- 케이블 길이 2미터마다 장치 하나를 연결하여 버스의 전기적 특성을 유지한다(일반적으로, 각 기기는 버스상에서 한 장치의 부하와 동일).
- 총 케이블 길이가 20 미터 (약 65 피트)를 초과하지 않도록 한다.

- 사용자의 네트워크를 사용할 때는 존재하는 장치 부하의 최소 3분의 2를 TURN ON 한다.
- 사용자의 네트워크상의 장치들 사이의 하나의 케이블 경로만 포함한다(그림 3-85 참고). 루프 구성을 만들지 말 것.

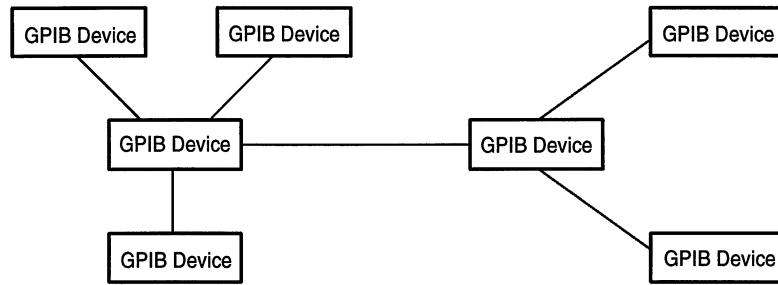


그림 3-85 전형적인 GPIB 네트워크 구성

적절한 Interconnect Cable 을 준비한다 오실로스코프를 GPIB 네트워크에 연결하려면 최소한 1개의 GPIB 케이블이 있어야 한다. 두 개의 GPIB 장치들을 연결하려면 IEEE Std 488.1-1987 GPIB 케이블이 요구된다(Tektronix에서 구입 가능, 부품 번호 012-0991-00).

표준 GPIB 케이블은 오실로스코프의 후면 패널에 위치한 24-pin GPIB 커넥터에 연결된다. 이 커넥터는 D-type shell이 있으며 IEEE Std 488.1-1987과 부합한다. GPIB 커넥터를 서로 겹쳐서 설치할 수 있다(그림 3-86 참고).

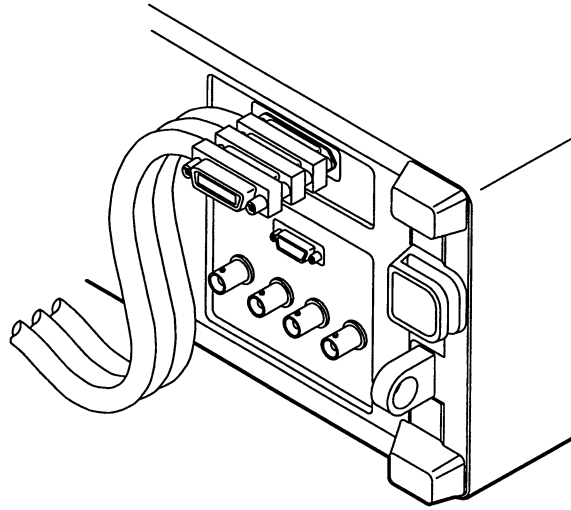


그림 3-86 GPIB 커넥터 포개서 설치

원격 제어 설치방법

원격 통신을 설정하려면, 설정이 GPIB 프로토콜과 부합되고 방금 설명한 인터페이스 규격과 부합되어야 한다. 다음 절차를 실행한다.

오실로스코프를 GPIB 에 연결한다. 오실로스코프를 연결하려면, IEEE Std 488.2-1987 GPIB 케이블을 오실로스코프 후면 패널의 GPIB 커넥터로 연결하고 컨트롤러에 있는 GPIB 포트에 연결한다 (그림 3-87 참고).

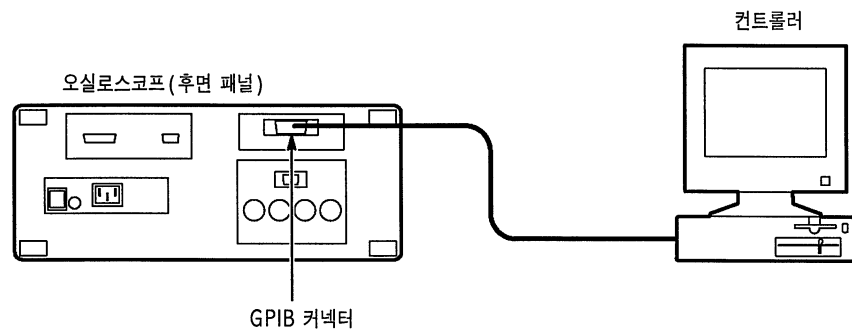


그림 3-87 오실로스코프를 컨트롤러에 연결

GPIB 포트를 선택 GPIB 포트를 선택하려면, **SHIFT → UTILITY → System(main) → I/O(pop-up) → Port(main) → GPIB(pop-up)** 를 누른다.

GPIB 포트를 구성 두 가지 중요한 GPIB 파라미터를 설정해야 한다. 모드와 어드레스. 이 파라미터를 설치하는 방법은,

SHIFT → UTILITY → System(main) → I/O(pop-up) → Port(main) → GPIB(pop-up) → Configure(main) → Talk/Listen Address, Hardcopy(Talk Only), 또는 Off Bus(side) 를 누른다 (그림 3-88 참고).

Talk/Listen Address 는 컨트롤러가 기본이 되는 시스템 오퍼레이션의 포트를 구성한다. 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 어드레스를 정의한다.

Hardcopy(Talk Only) 는 컨트롤러의 제어없이 하드카피 출력의 포트를 구성한다. 일단 구성이 되면, **HARDCOPY** 단추를 누르면 오실로스코프는 하드카피를 버스상의 어떤 listener 에게든지 보낸다.

포트가 다른 방식으로 구성된 상태에서 **HARDCOPY** 를 누르면 에러가 발생하고, 오실로스코프는 선택한 하드카피 포트는 현재 가용하지 않다는 메시지를 보낸다.

Off Bus 는 오실로스코프를 버스로부터 절연한다.

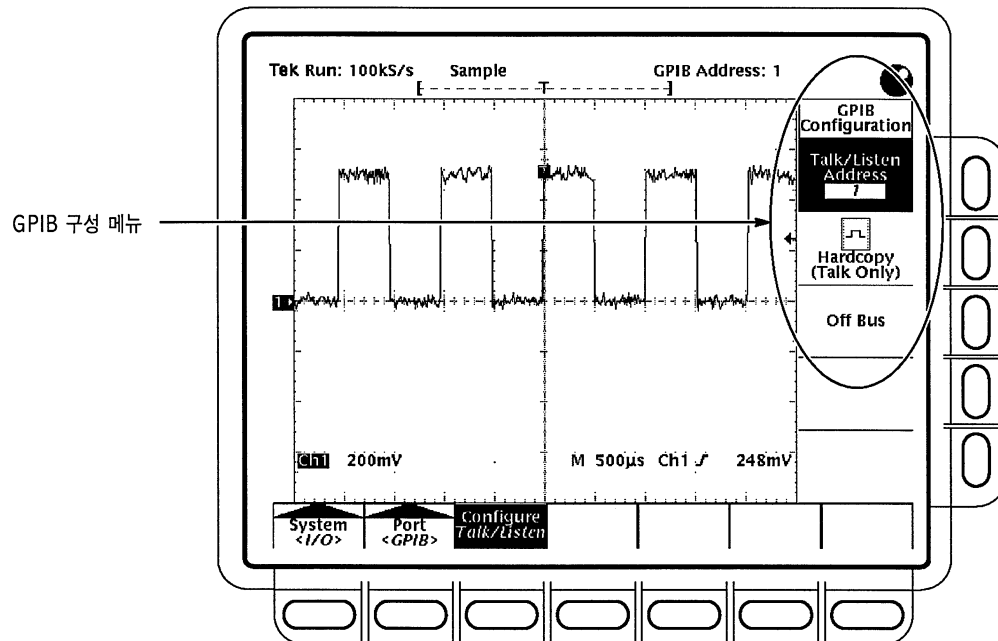


그림 3-88 유틸리티 메뉴

더 자세한 설명은

3-180 쪽의 “하드카피 인쇄”를 참고한다.

TDS 프로그래머 매뉴얼 디스크를 참고한다.

상태 결정과 도움말 접속

TDS 오실로스코프는 자신의 내부 시스템의 상태를 디스플레이 해준다. 또한,온라인 도움말도 제공해 준다. 이 단원에서는 아래 두 기능을 어떻게 사용하는지를 설명한다.

- *Status*는 시스템,디스플레이,트리거,파형,그리고 I/O 세팅을 간단명료하게 보여준다.
- *Help*는 각 오실로스코프 컨트롤에 대한 간단한 설명을 화면에 보여준다.

디스플레이 상태

내부 시스템 상태를 보려면 다음 절차대로 한다.

1. **SHIFT STATUS** → **Status(main)**를 누른다.
2. 사이드 메뉴에서 상태 스냅shots를 선택한다.

System은 Horizontal,Zoom,Acquisition,Measure,그리고 Hardcopy 시스템에 관한 정보를 디스플레이 해준다(그림 3-89 참고). 이 디스플레이는 또한 펌웨어 버전을 보여준다.

Display는 디스플레이와 컬러 시스템에 관한 매개변수를 보여준다.

Trigger는 트리거에 관한 매개변수를 보여준다.

Waveform은 파형 (라이브,연산,기준 등)에 관한 정보를 디스플레이한다.

I/O는 I/O 포트에 관한 정보를 디스플레이한다.

Histo/Masks는 히스토그램과 마스크에 대한 정보를 보여준다.

Recalled Image Histogram은 이미지 막대 그래프를 저장했을 당시의 수직 및 수평 상태를 표시한다. 오실로스코프를 시동한 이후로 이미지 막대 그래프로 호출이 완료되었을 경우에만 상태가 표시된다.

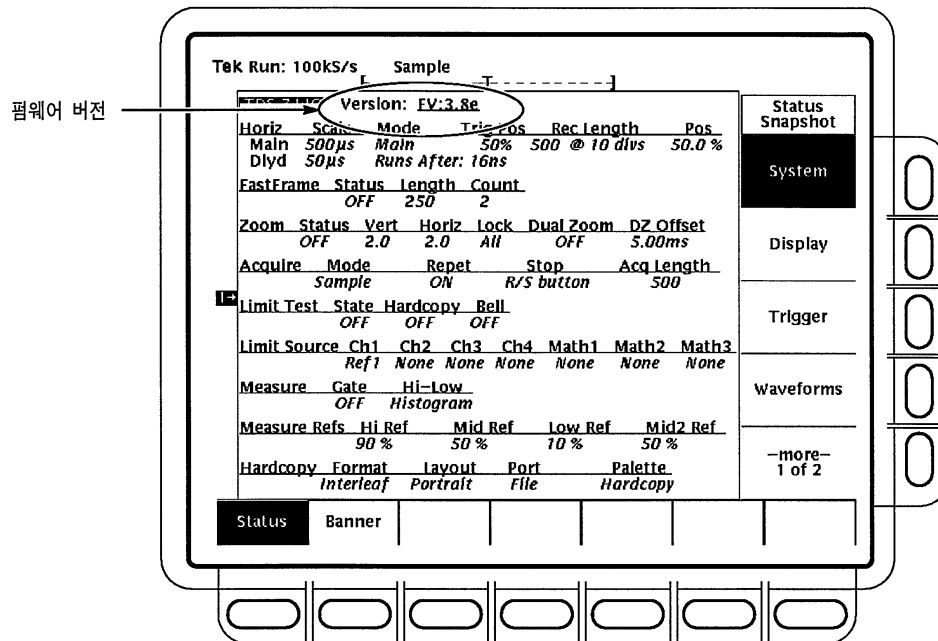


그림 3-89 상태 메뉴 - 시스템

배너 디스플레이

배너 (펌웨어 버전, 옵션, 저작권, 특허권 등의 목록) 를 디스플레이하는 방법은,
SHIFT STATUS → Banner(main) 를 누른다 (그림 3-90 참고).

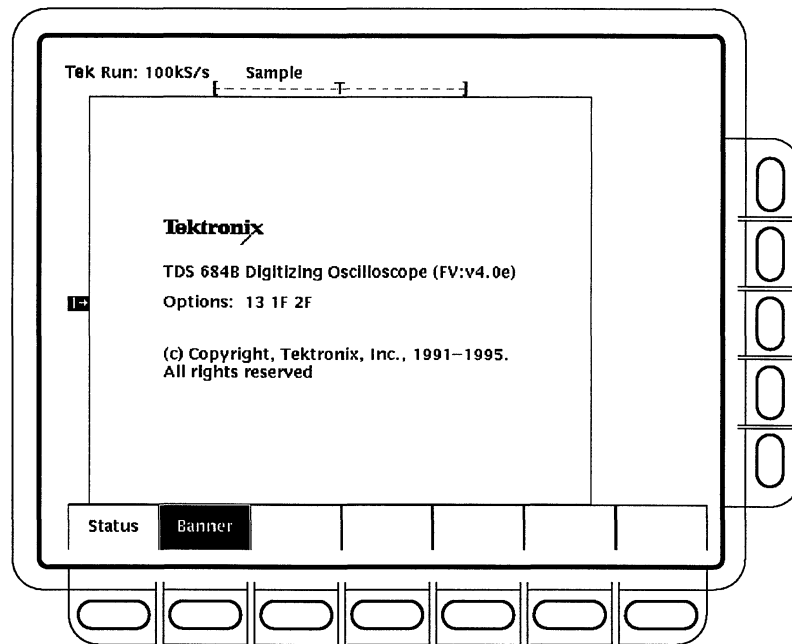


그림 3-90 배너 디스플레이

도움말 디스플레이

온라인 도움말을 사용하는 방법은,

HELP 를 누르면 어떤 프론트 패널 단추이든지, 노브 또는 메뉴 항목에서도 도움말 화면이 나온다 (그림 3-91).

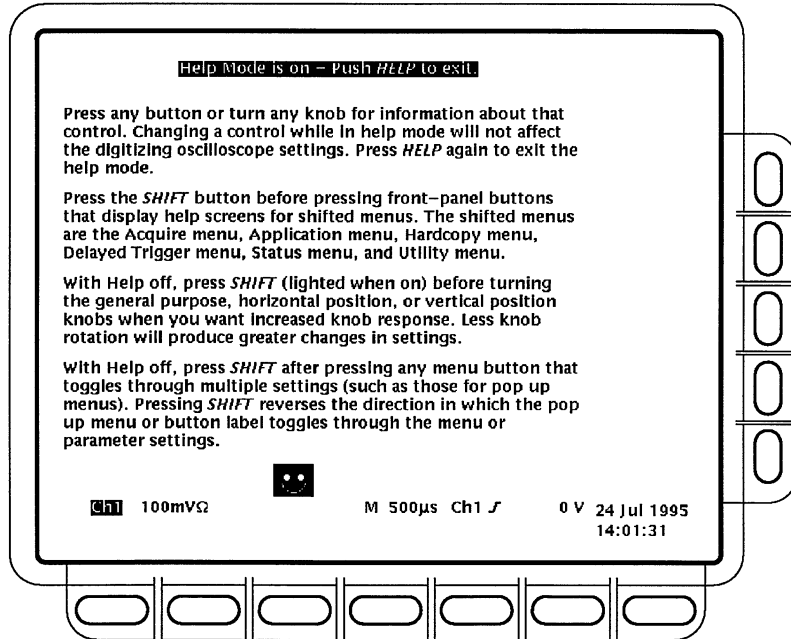


그림 3-91 초기 도움말 화면

그 단추를 누르면 오실로스코프는 모드를 온라인 도움말로 바꾼다. **HELP**를 한번 더 누르면 일반 작동 모드로 돌아간다. 오실로스코프가 도움말 모드에 있을 때, 어떤 단추(**HELP** 또는 **SHIFT**는 제외)를 누르거나, 아무 노브나 돌리거나, 또는 아무 메뉴 항목이든지 누르면 누른 제어 장치와 관련되는 도움말이 화면에 나온다.

HELP를 처음 눌렀을 때 나왔던 메뉴 선택은 화면에 그대로 남아있다. 온라인 도움말은 **HELP** 단추를 처음 눌렀을 때 디스플레이된 각 메뉴별로 제공된다. 도움말 모드에 있을 때 다른 메뉴의 도움말을 보려면, 먼저 도움말 모드를 끝낸 다음, 도움말을 보고자 하는 메뉴를 디스플레이한 다음, **HELP**를 다시 눌러야 한다.

고급 어플리케이션 기능 사용

TDS 오실로스코프는 사용자가 포착한 파형을 테스트하고 디지털 방식으로 프로세스할 수 있는 강력한 기능을 갖고 있다. 이 단원에서는 다음 기능을 어떻게 사용하는지 설명한다.

- *Limit Testing* — 포착한 파형을 템플릿과 비교하여 테스트한다 (현재 쪽).
- *Waveform Math* — 파형을 역전하고, 더하고, 빼고, 곱한다 (3-206 쪽).
- *Fast Fourier Transform* — 파형의 주파수를 디스플레이한다 (3-209 쪽).
- *Waveform Differentiation* — 파형의 파생물을 디스플레이한다 (3-228 쪽).
- *Waveform Integration* — 파형의 적분을 디스플레이한다 (3-233 쪽).

주 *DPO, Extended Acquisition, Mask* 모드가 ON되면, 위에 열거한 기능들을 이용할 수 없다.

Limit Testing

TDS 오실로스코프는 limit testing은 각 입력 또는 연산 파형을 템플릿 파형과 비교한다. 파형 주위에 한계 엔벨로프를 설정하고 오실로스코프는 이 한계를 벗어나는 파형을 찾아낸다 (그림 3-92 참고). 파형이 발견되면, 오실로스코프는 하드 카피를 생성하고, 벨을 울리고, 사용자의 입력을 기다린다.

Limit testing을 사용하려면 다음과 같이 해야한다.

- 파형에서 limit test 템플릿을 만든다.
- 비교할 채널을 템플릿에 지정한다.
- 입력 파형 데이터가 설정된 한계를 초과할 때는 어떤 반응을 할지 지정한다.
- Limit testing을 ON 하여 설정한 파라미터가 효력을 발생하도록 한다.

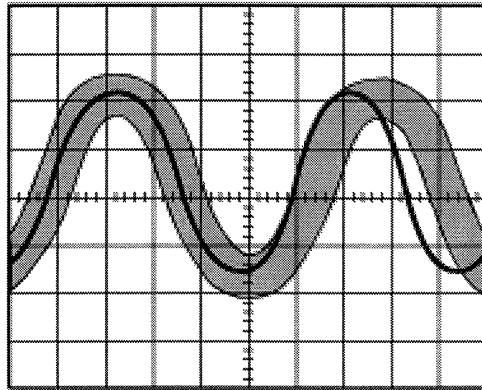


그림 3-92 파형을 Limit Template 와 비교

위에 열거한 작업을 실행하는 방법은 다음과 같다.

Limit Test 템플릿 만들기

입력 파형 또는 저장된 파형을 사용하여 limit test 템플릿을 만들기 위해서는 소스를 먼저 선택한 다음 템플릿 수신지를 지정한다. 다음, 어느 정도의 편차를 허용할 것인지를 지정하여 템플릿 엔벨로프를 만든다. 그 방법은 다음과 같다.

1. **SHIFT ACQUIRE MENU**를 눌러서 Acquire 메뉴를 불러온다.
2. **Create Limit Test Template(main)→Template Source(side)→Ch1, Ch2, Math1, Math2, Math3, Ref1, Ref2, Ref3, 또는 Ref4(side)**를 누른다 (그림 3-93 참고).

주 *Average* 획득 모드를 사용하여 템플릿 파형을 포착하면 템플릿이 더 부드러워진다. *Average*를 어떻게 선택하는지 잘 모르면 3-35 쪽의 “획득 모드 선택”을 참고한다.

3. 소스를 일단 선택했으면, 템플릿의 목적을 선택한다. **Template Destination(side)→Ref1, Ref2, Ref3, 또는 Ref4**를 누른다.

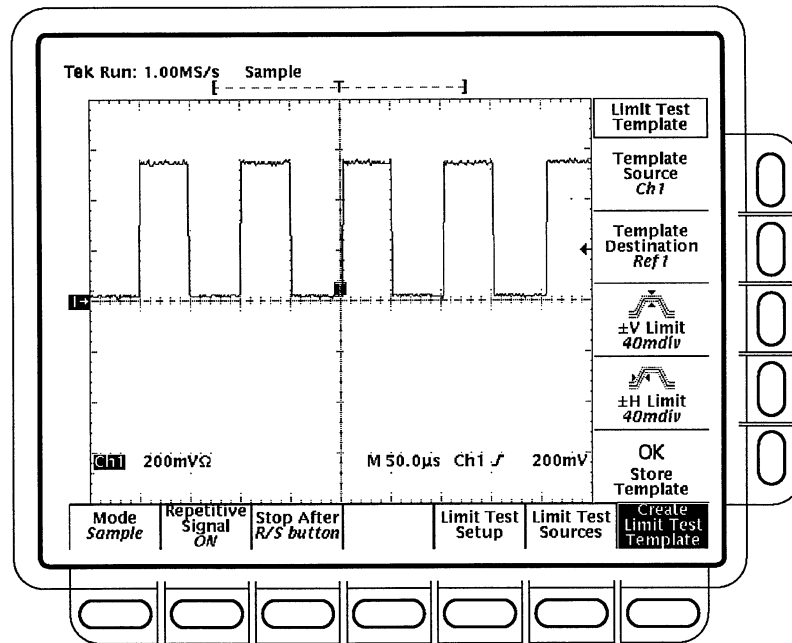


그림 3-93 획득 메뉴 - Limit Test 템플릿 만들기

4. **±V Limit(side)**을 누른다. 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 수직 (전압) 허용 오차를 입력한다.
5. **±H Limit(side)**을 누른다. 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 수평 (시간) 허용 오차를 입력한다.

허용 오차는 주 division의 분수로 표시된다. 허용 오차는 limit test 안에서 설정된 한계를 초과하지 않은 범위 내의 수신 파형 데이터의 편차를 말해주고 있다. 이 수치들은 0(수신 파형은 템플릿 소스와 똑같아야 함)에서 5 개까지의 주 허용 오차 division 이다.

6. Limit test 템플릿 지정을 완료했으면, **OK Store Template(side)**을 누른다. 이렇게 하면, 지정된 허용 오차를 사용하여 지정된 파형을 수신지에 저장한다. 이렇게 해야지만 템플릿 파형이 만들어졌다고 볼 수 있다.

방금 만든 템플릿에 겹쳐쓰는 것을 방지하려면 새로 만든 템플릿을 다른 수신지에 저장한다.

만든 템플릿을 보려면, **MORE** 단추를 누른다. 다음, 사용한 목적 기준 메모리와 일치하는 단추를 누른다. 파형이 디스플레이된다.

주 파형 데이터와 템플릿 엔벨로프를 보려면, *Dots* 디스플레이 스타일을 선택한다. (3-41 쪽의 “디스플레이 스타일 선택”을 참고.)

Limit Test 소스 선택

방금 만든 템플릿과 비교할 파형을 포착할 채널을 지정하는 방법은,

1. **SHIFT ACQUIRE MENU → Limit Test Sources(main) → Compare Ch1 to, Compare Ch2 to, Compare Ch3 to, Compare Math1 to, Compare Math2 to** 또는 **Compare Math3 to(side)**를 선택한다.
2. 4개 채널 중의 하나를 파형 소스로 선택하거나 연산 파형을 사이드 메뉴에서 하나 선택한다.

Ref1 에서 Ref4 중의 표준 파형 또는 None 중의 하나를 선택하면 된다. None 을 택하면 지정한 채널 또는 연산 파형의 limit testing 을 TURN OFF 하게 된다.

주 방금 만든 템플릿을 사용하려면 템플릿의 목적으로 선택한 기준 메모리와 동일한 기준 메모리를 지정한다.

한 개 이상의 템플릿을 만들었으면, 한 채널을 한 템플릿과 비교하고 다른 채널을 다른 템플릿과 비교한다.

Limit Test 반응을 지정하려면

파형 데이터가 limit test 템플릿이 설정한 한계를 초과하면 어떠한 행동을 취할 것인지 지정한 다음 limit testing 을 TURN ON 한다.

1. **SHIFT ACQUIRE MENU → Limit Test Setup(main)**을 눌러서 행동 목록이 있는 사이드 메뉴를 불러온다.

2. 원하는 행동과 일치하는 사이드 단추가 **ON**이 되도록 한다.

- 파형 데이터가 설정 한계를 초과할 때 하드카피 명령어를 보내기 원하면, **Hardcopy if Condition Met(side)**을 **ON**으로 토글한다. 하드카피를 파일 시스템으로 보내도록 설정할 수 있다.(하드카피 시스템 설정을 잊지 마것. 3-180쪽의 “하드카피”를 보면 자세한 설명이 있다.)
- 파형 데이터가 설정한 한계를 초과할 때 벨이 울리기를 원하면, **Ring Bell if Condition Met(side)**을 **ON**으로 토글한다.
- 파형 데이터가 설정한 한계를 초과할 때 오실로스코프가 정지하기를 원하면, **Stop After Limit Test Condition Met(side)**을 **ON**으로 토글한다.

*주 Stop After Limit Test Condition Met 단추는 Stop After 메인 메뉴 안의 Limit Test Condition Met 메뉴와 일치한다. Limit Test Setup 메뉴에서 이 단추를 **TURN ON** 할 수 있지만, **TURN OFF**는 하지 못한다. **TURN OFF** 하려면, Stop After를 누르고, Stop After 사이드 메뉴에서 선택 항목을 지정한다.*

3. **Limit Test(side)**가 **ON**인가 확인한다. **OFF**로 되어 있으면, **Limit Test(side)**를 한번 눌러서 **ON**으로 토글한다.

Limit Test를 **ON**으로 설정하면, 오실로스코프는 **Limit Test Source** 사이드 메뉴의 세팅에 따라 입력 파형을 기준 메모리에 저장된 파형 템플릿에 기준하여 비교한다.

싱글 파형 비교

싱글 파형을 싱글 템플릿과 비교할 수 있다. 싱글 파형을 싱글 템플릿과 비교할 때, 다음과 같은 사항을 유의한다.

- 파형이 수평으로 재위치하면서 템플릿 한계 밖에 있는 파형 레코드 안의 첫번째 샘플을 가운데 화면으로 이동시킨다.
- 파형 템플릿의 위치는 그 파형을 추적할 것이다.

복합 파형 비교

하나 이상의 파형을 싱글 템플릿과 비교할 수도 있다. 또는, 하나 이상의 파형을 자체의 템플릿과 각각 비교 또는 공동 템플릿과 비교할 수도 있다. 그런 비교를 하려면 다음과 같은 사항을 유의한다.

- **Horizontal Lock** 을 Zoom 사이드 메뉴에서 **None** 으로 설정해야 한다 (**ZOOM** 을 누르고, **Horizontal Lock** 을 **None** 으로 반복해서 누른다). 3-54 쪽의 “파형 Zoom” 을 참고하여 수평 잠금에 관하여 더 자세히 알아본다.
- 방금 설명한 바와 같이 수평 잠금을 설정해 놓으면, 오실로스코프는 각 파형을 수평으로 재위치하면서 템플릿 한계 밖에 있는 파형 레코드 안의 첫번째 샘플을 중앙 화면으로 이동시킨다.
- 각 파형을 자체 템플릿과 각각 비교할 경우에는, 각 파형 템플릿의 위치는 그 파형의 위치를 추적할 것이다.
- 두개 또는 그 이상의 파형을 공동 템플릿과 비교할 경우에는, 그 템플릿은 실패한 파형의 위치를 추적할 것이다. 동일한 포착 중에 한개 이상의 파형이 실패하면, 템플릿은 가장 높은 번호의 채널 안에서 그 파형의 위치를 추적하게 된다. 예를 들어, CH2 는 CH1 보다 더 높은 번호이다.

파형 연산

TDS 오실로스코프는 파형을 수학적으로 조정할 수 있는 방법을 제공한다. 예를 들어, 배경 노이즈 때문에 파형이 흐리게 되는 수가 있다. 원래 파형으로부터 배경 노이즈를 줄여 더 깨끗한 파형을 얻을 수 있다.

이 단원은 역전, 더하기, 빼기, 나누기, 곱하기 파형 연산 기능을 설명한다. 3-209 쪽의 “Fast Fourier Transforms”, 3-228 쪽의 “파형 미분”, 3-233 쪽의 “파형 적분”을 참고하여 고급 DSP 수학 기능을 배운다.

싱글 파형 연산 사용

연산 파형을 실행하려면, More 메뉴를 사용한다 (그림 3-94). More 메뉴는 3 가지 유형의 연산 파형을 디스플레이하고, 정의하고, 조정 가능하게 한다. 다음 단계는 싱글 소스 파형을 기준으로 어떻게 연산 파형을 만드는가 그 절차를 설명한다.

1. **MORE → Math1, Math2, 또는 Math3(main) → Change Math waveform definition(side) → Single Wfm Math(main)** 를 누른다.
2. 소스 파형을 정의하려면, **Set Single Source to(side)**를 반복하여 눌러서 원하는 채널 또는 표준 파형에 세트한다.

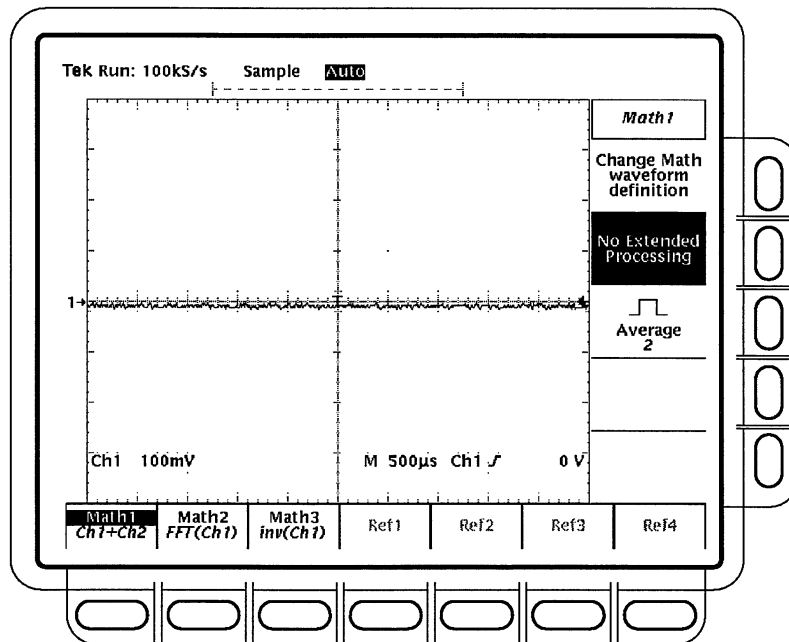


그림 3-94 More 메뉴

3. **Set Function to(side)**를 반복하여 눌러서 **inv(invert)**, **intg**, 또는 **diff**에 세트한다. 파형 적분(intg)은 3-233 쪽에 설명되어 있고, 파형 미분(diff)은 3-228 쪽에 자세히 설명되었다.
4. 연산 파형을 만들려면, **OK Create Math Wfm(side)**을 누른다.

Dual Wfm Math 사용 방법

두 개의 파형 소스가 요구되는 연산 파형을 만들려면, 다음과 같이 한다.

1. **MORE** → **Math1**, **Math2**, 또는 **Math3(main)** → **Change Math waveform definition(side)** → **Dual Wfm Math(main)** 를 누른다.
2. 첫번째 소스 파형을 정의하려면, **Set 1st Source to(side)**를 반복적으로 눌러서 원하는 채널이나 표준 파형에 세트한다.
3. 두번째 소스 파형을 정의하려면, **Set 2nd Source to(side)**를 반복적으로 눌러서 원하는 채널이나 표준 파형에 세트한다.
4. Math operator 를 입력하려면, **Set operator to(side)**를 반복적으로 누른다. 지원되는 operator 는 +, -, *, 그리고 / 이다.

주 4 단계에서 *(곱하기)를 선택하면, 커서는 V(볼트) 대신에 VV(제곱 볼트)로 진폭을 측정한다.

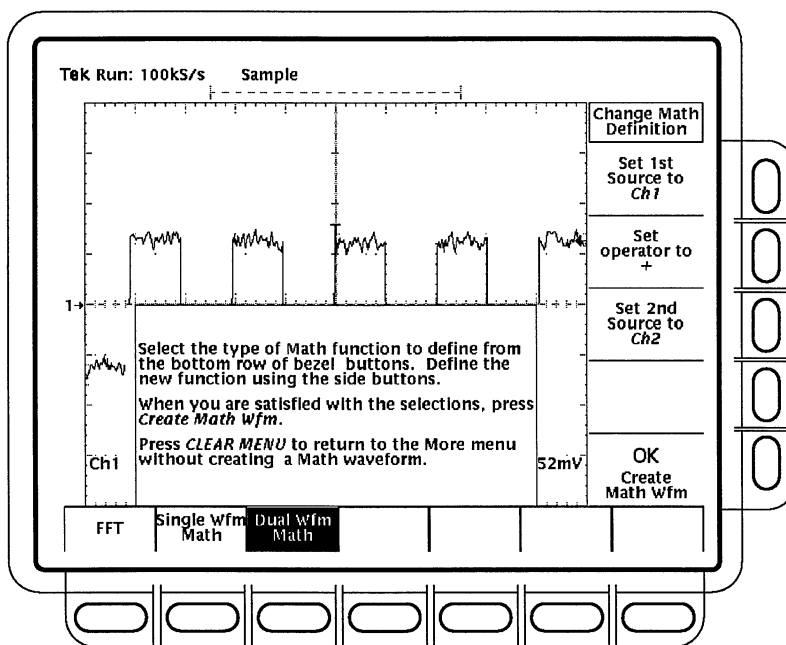


그림 3-95 Dual Waveform Math 주/사이드 메뉴

5. **OK Create Math Wfm(side)** 을 눌러서 기능을 실행한다.

파형 연산을 애버리지 하는 방법

연산 파형을 애버리지하기 원하는지 여부를 선택할 수 있다. 그 방법은,

1. **MORE→Math1, Math2, 또는 Math3(main)**를 눌러서 애버리지할 연산 파형을 선택한다.
2. **Average(side)**를 누르고, 범용 노브 또는 키패드를 사용하여 수치를 입력한다. 파형 연산 작업은 다중 포착의 애버리지로 실행한다.
3. 선택한 연산 파형의 연산 애버리지를 **TURN OFF**하려면, **No Extended Processing (side)**을 택한다. 파형 연산 작업은 오직 하나의 포착에서만 실행된다.

Fast Fourier Transforms

TDS 오실로스코프의 **Advanced DSP Math** 기능에는 파형의 *Fast Fourier Transform(FFT)*이 포함되어 있다. 이 단원에서는 FFT를 설명하고 또한 FFT를 디스플레이하고 측정을 하려면 오실로스코프를 어떻게 설정하는지를 설명한다.

FFT는 시간에 따른 진폭 디스플레이의 파형을 파형이 담고 있는 각종 주파수의 진폭으로 플롯하는 디스플레이로 전환할 수 있도록 한다. 그밖에, 그 주파수의 위상 전환을 디스플레이할 수 있다. 다음 어플리케이션에서 FFT 연산 파형을 사용한다.

- 필터와 시스템의 임펄스 반응을 테스트
- 시스템 안의 harmonic content 와 distortion 측정
- DC 전원 공급의 주파수 content를 특성화
- 진동의 분석
- 50 에서 60 사이클 수로 Harmonics 를 분석
- 디지털 로직 회로 안에서 노이즈 소스 확인

FFT는 파형의 주파수를 FFT 연산 파형으로 연산하고 디스플레이한다. 이 주파수 영역 파형은 다음 방정식에 기준한다.

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n = -\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2} - 1} x(n)e^{-\frac{j2\pi nk}{N}} \quad \text{for : } k = 0 \text{ to } N - 1$$

$x(n)$ 은 시간 영역 레코드 데이터 배열 안의 포인트다.

$X(k)$ 는 주파수 영역 레코드 데이터 배열 안의 포인트다.

n 은 time domain 데이터 배열의 지수이다.

k 는 주파수 영역 데이터 배열의 지수이다.

N 은 FFT 길이를 말한다.

j 는 ± 1 의 제곱이다.

결과적으로, 파형 안에 들어있는 각종 주파수의 magnitude 또는 phase angle 이 디스플레이된다. 예를 들어, 그림 3-96은 Ch2 안의 변형이 안된(untransformed) 시스템의 임펄스 반응을 화면 맨 위에 보여주고 있다. FFT-transformed magnitude와 phase 는 임펄스 아래 두개의 연산 파형에 나타난다. FFT 연산 파형의 수평 스케일은 division 당 주파수로 항상 표시된다. 파형의 시작점(가장 왼쪽 포인트)은 제로 주파수(DC)로 표시된다.

FFT 파형은 데이터의 디지털 신호 프로세싱(DSP)으로 처리되기 때문에 파형의 주파수를 측정할 때 유효성을 제공한다. 예를 들어, DSP 는 오실로스코프가 소스 파형의 FFT 를 연산할 수 있게 한다. 이 파형들은 싱글 트리거로 포착되어야 하기 때문에, 싱글 이벤트의 주파수를 측정하는 데 적절하다. DSP는 또한 phase와 magnitude를 디스플레이한다.

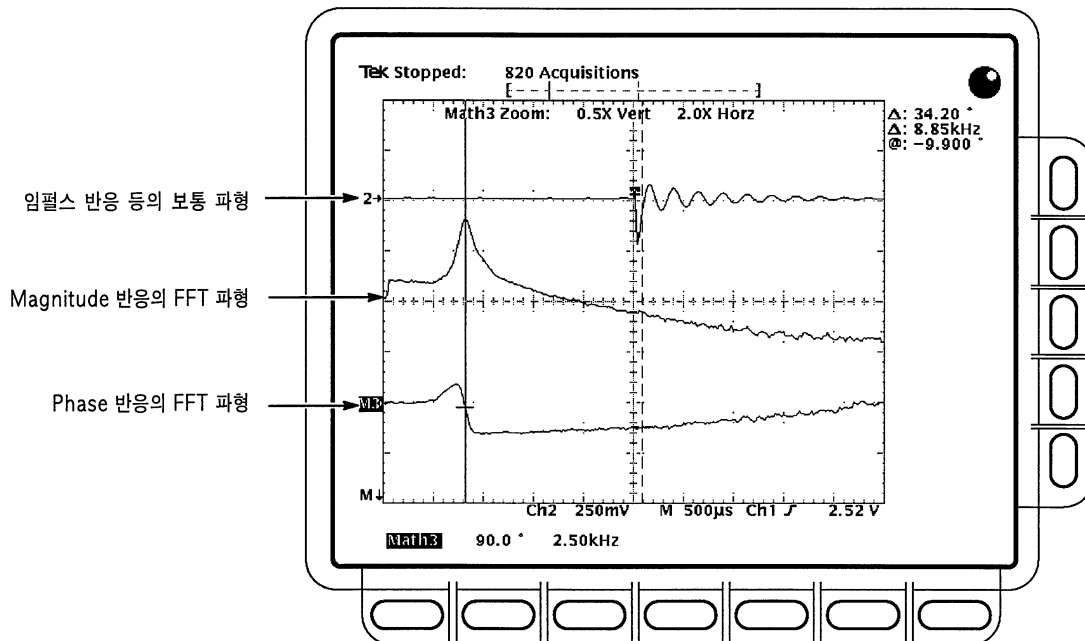


그림 3-96 임펄스에 대한 시스템 반응

FFT 만들기

파형의 FFT를 만드는 방법은,

1. 파형을 원하는 채널 입력에 연결하고 그 채널을 선택한다.
 2. 수직과 수평 스케일을 조절하고 디스플레이를 트리거한다 (또는 **AUTOSET**을 누른다).
- 3-219 쪽의 “오프셋,포지션,스케일”은 FFT 디스플레이를 위하여 설정을 조절하는 방법을 자세히 설명하고 있다.
3. **MORE**를 눌러서 연산 파형을 **TURN ON** 하는 메뉴를 접속한다.
 4. 연산 파형을 선택한다. **Math1**, **Math2**, 그리고 **Math3(main)** 선택이 있다.
 5. 선택한 연산 파형이 FFT가 아니면, **Change Math Definition(side) → FFT(main)**를 누른다 (그림 3-97 참고).
 6. 단계 1에서 선택한 채널 소스가 메뉴에 나올 때까지 **Set FFT Source to(side)**를 반복하여 누른다.

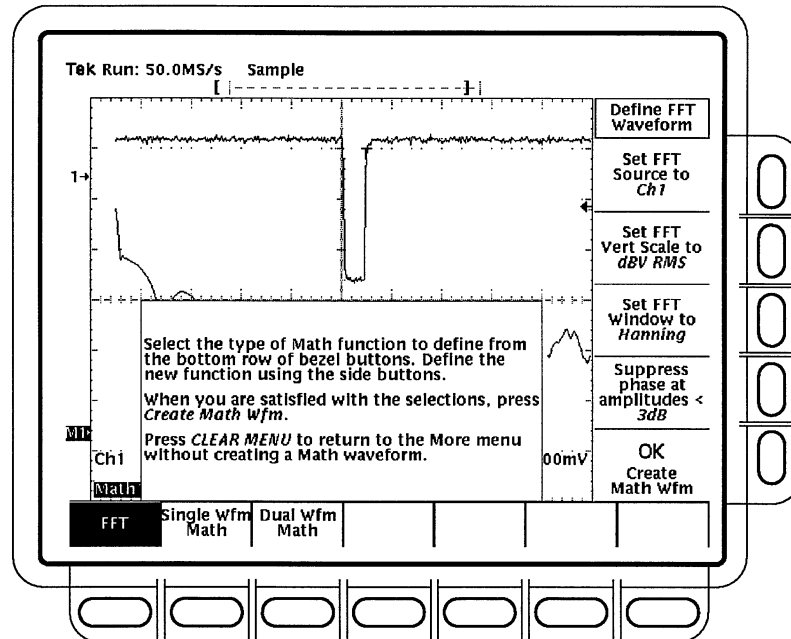


그림 3-97 FFT 파형 메뉴 정의

7. **Set FFT Vert Scale to(side)**를 반복적으로 눌러서 다음과 같은 수직 스케일 종류 중에서 선택한다.

dBV RMS — Log scale을 사용하여 magnitude가 디스플레이된다. $1V_{RMS}$ 에 대해 dB로 표시된다 $0dB = 1V_{RMS}$.

Linear RMS — 전압을 스케일로 사용하여 magnitude가 디스플레이된다.

Phase(deg) — 각도를 스케일로 사용하여 phase가 디스플레이된다. 각도는 -180° 에서 $+180^\circ$ 까지이다.

Phase(rad) — Radian 을 스케일로 사용하여 phase가 디스플레이된다. Radian 은 $-\pi$ 에서 $+\pi$ 까지이다.

3-222쪽의 “Phase Display의 유의할 점”에 phase 디스플레이에 관한 자세한 설명이 나와있다.

8. **Set FFT Window to(side)**를 반복하여 눌러서 다음 윈도우 종류 중에서 선택한다.

Rectangular — 동일한 value에 매우 가까운 주파수들을 resolve하기에는 가장 좋은 윈도우의 형태이다. 하지만, 그러한 주파수들의 진폭을 정확하게 측정하는데는 가장 부적합하다. 비반복적 신호의 주파수 스펙트럼을 측정하고 또한 DC 근처의 주파수 컴포넌트를 측정하는데 가장 좋은 형태이다.

Hamming — 동일한 수치와 매우 가까운 주파수를 resolving하는데 좋은 윈도우이며 진폭 정밀성도 직사각형 윈도우에 비교하여 약간 더 높다.

Hanning — 진폭 정밀성을 측정하기에 매우 좋은 윈도우이지만 주파수 resolving에는 좋지 않다.

Blackman Harris — 주파수의 진폭을 측정하는데 매우 좋은 윈도우이지만, 주파수 resolving에는 가장 나쁘다.

3-225쪽의 “윈도우 선택”에 어플리케이션에 적합한 윈도우 선택이 자세히 설명되어 있다.

9. 단계 7에서 **Phase(deg)** 또는 **Phase(rad)**를 선택하지 않았다면, 단계 12로 건너뛰다. **Phase suppression**은 phase FFT에서 노이즈를 감소할 때만 사용한다.

10. Phase FFT에서 노이즈 효과를 감소시키려면 **Suppress phase at amplitudes<(side)**를 누른다.

11. 범용 노브를 사용하여 phase suppression 레벨을 조절한다. 이 레벨 이하의 FFT magnitude는 phase를 제로로 세트한다.

3-223쪽의 “Phase suppression을 조절”을 보면 phase suppression에 관한 상세한 정보가 나와있다.

12. **OK Create Math Wfm(side)**을 누르면 단계 1에서 입력한 파형의 FFT가 디스플레이된다(그림 3-98 참고).

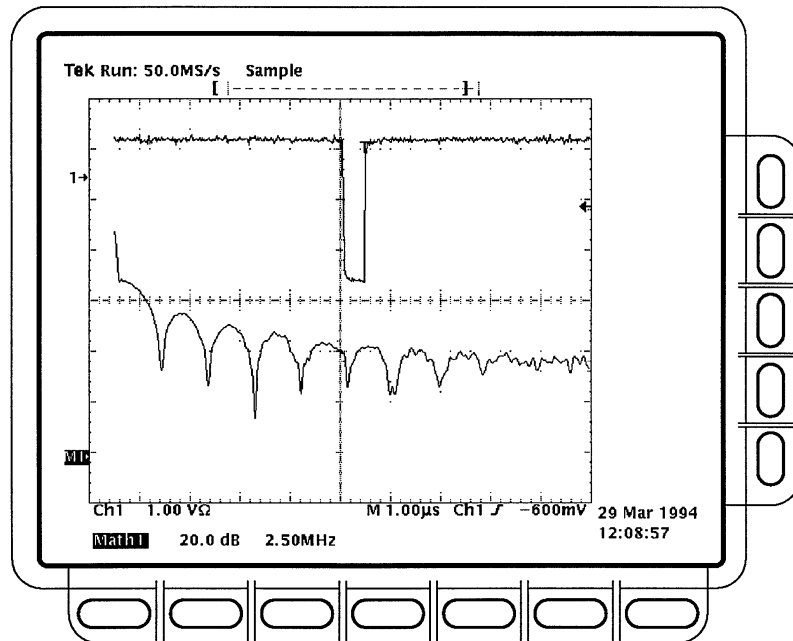


그림 3-98 Math1의 FFT 연산 파형

FFT의 커서 측정 방법

일단 FFT 연산 파형을 디스플레이했으면, 커서를 사용하여 주파수 진폭이나 위상 각도를 측정한다.

1. 채널 선택에서 **MORE**를 선택하고, **More** 주 메뉴에서 FFT 연산 파형을 선택해야 한다.
2. **CURSOR** → **Mode(main)** → **Independent(side)** → **Function(main)** → **H Bars(side)**를 누른다.
3. 범용 노브를 사용하여 선택한 커서(실선)를 맨 위(또는 선택한 파형의 진폭)에 맞춘다.
4. **SELECT**를 눌러서 다른 커서를 선택한다. 범용 노브를 사용하여 선택한 커서를 하단(또는 선택한 파형의 진폭)에 맞춘다.
5. Δ : 판독에서 두 커서 사이의 진폭을 읽는다. 선택한 커서의 진폭을 $1V_{RMS}(0dB)$, 그라운드(0 볼트), 또는 $@$: 판독에서 제로 phase level(0도 또는 0 radian)과 비교하여 읽는다.(계수판 좌측에 있는 파형 기준 표시기는 phase FFT의 phase가 제로인 지점을 표시해준다.)

그림 3-99는 FFT의 주파수 magnitude의 커서 측정을 보여주고 있다. @: 판독은 0dB이다. 그 이유는 $1V_{RMS}$ 레벨과 정렬이 되었기 때문이다. Δ: 판독은 24.4dB를 표시하고 있다. 즉, 주파수 진폭이 $1V_{RMS}$ 와 비교하여 -24.4dB라는 의미이다. 소스 파형은 디스플레이에서 TURN OFF가 된다.

FFT 측정 진폭에서 커서 단위는 dB 또는 볼트이며, FFT 측정 phase는 각도 또는 라디안 단위를 사용한다. 커서 단위는 Set FFT Vert Scale to(side) 선택에 좌우된다. 3-212쪽의 단계 7에 더 자세한 설명이 나와있다.

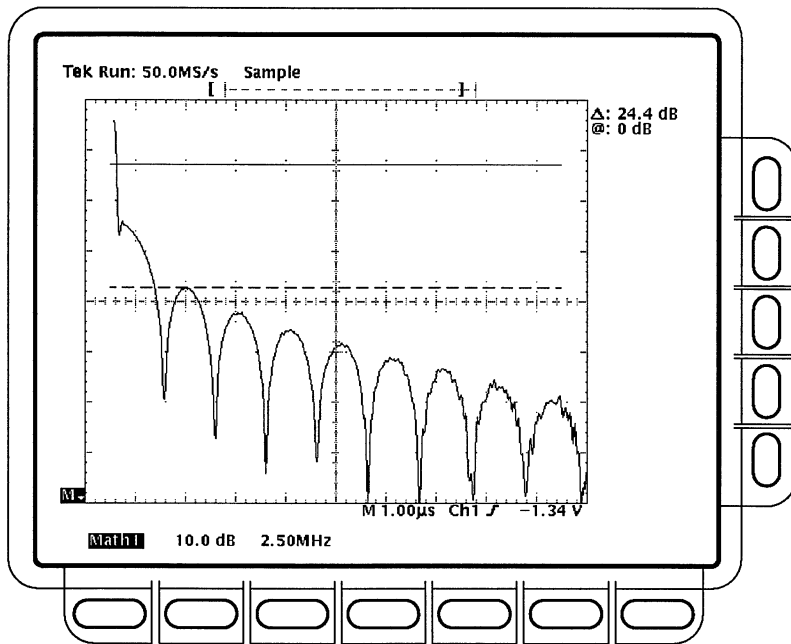


그림 3-99 FFT 파형의 커서 측정

6. **V Bars(side)**를 누른다. 범용 노브를 사용하여 하나 또는 두 개의 수직 커서들을 파형의 수평축을 따라서 원하는 곳에 맞춘다.
7. **SELECT**를 눌러서 대체 커서를 선택한다.
8. 선택한 커서를 연산 파형 상의 다른 포인트에 맞춘다.

9. Δ : 판독에서 커서들 사이의 주파수 차이를 읽는다. 선택한 커서의 주파수를 @:판독의 제로 주파수 포인트와 비교하여 읽는다.

커서 단위들은 사이드 메뉴의 Time Units 안의 세팅과 관계없이 항상 Hz가 된다. FFT 레코드의 첫번째 포인트는 @: 판독에서 제로 주파수 포인트가 된다.

10. **Function(main)→Paired(side)**를 누른다.

11. 방금 설명한 방법을 사용하여 각 쌍 커서의 수직 바를 수평축을 따라서 원하는 포인트에 둔다.

12. 가장 꼭대기에 있는 Δ : 판독에서 두 쌍 커서의 X 사이의 진폭을 읽는다. $1V_{RMS}$ (0dB),그라운드 (0 볼트) 또는 @: 판독의 제로 phase level에 비교하여 선택한(실선) 커서의 짧은 수평 바의 진폭을 읽는다. Δ : 판독 아래에 나온 양쪽 쌍 커서의 긴 수평 바 사이의 주파수를 읽는다.

FFT의 자동 측정을 하려면

자동 측정 기능을 사용하여 FFT 연산 파형을 측정한다. 3-230 쪽의 “파형 미분” 안의 “자동 측정 방법”을 참고한다.

FFT 주파수 영역 레코드

FFT의 디스플레이와 해석에 영향을 주는 서너개의 특성이 있다. 이 내용을 읽고 FFT 소스 파형이 레코드 길이,주파수 해상도,그 레코드의 주파수 범위 등의 frequency domain 레코드에 대하여 확인한 다음 (FFT 주파수 영역 파형은 사용자가 디스플레이하는 FFT 연산 파형이다.) 오실로스코프를 어떻게 조절하면 양호한 FFT 파형 디스플레이를 할 수 있는지 배운다.

FFT는 파형 레코드를 전부 사용하지 않을 수 있음 FFT 연산 파형은 FFT 주파수 영역 레코드의 magnitude 또는 phase data의 디스플레이이다. 이 주파수 영역 레코드는 FFT 시간 영역 레코드(파형 레코드에서 파생)에서 파생된 것이다. 이 세 레코드를 아래에 설명한다.

파형 레코드 — 입력 수신 채널에서 포착한 완전한 파형 레코드로 같은 채널 또는 기준 메모리에서 디스플레이된다. 이 시간 영역 레코드의 길이는 **Horizontal** 메뉴에서 사용자가 지정할 수 있다. 파형 레코드는 DSP 연산 파형이 아니다.

FFT 시간 영역 레코드 — FFT에 입력된 파형 레코드 부분으로 이 시간 영역 레코드 파형은 변형이 되면 FFT 연산 파형이 된다. 이 레코드의 길이는 위에서 정의한 파형 길이에 달려있다.

FFT 주파수 영역 레코드 — 디지털 신호 처리가 FFT 시간 영역 레코드의 데이터를 주파수 영역 레코드로 전환한 후의 FFT 연산 파형이다.

그림 3-100은 파형 레코드를 FFT 시간 영역 레코드와 비교한다. 이 때 다음의 관계에 유의한다.

- 길이가 $\leq 10K$ 포인트인 파형 레코드의 경우, FFT는 모든 파형 레코드를 입력으로 사용한다.
- 길이가 $> 10K$ 포인트인 경우, 파형의 첫 10K 포인트는 FFT 시간 영역 레코드가 된다.
- 각 FFT 시간 영역 레코드는 포착한 파형 레코드의 처음 부분에서 시작한다.
- Phase FFT 연산 파형의 제로 phase reference 포인트는 파형 레코드의 길이와 관계없이 FFT 시간 영역 레코드의 중간에 있다.

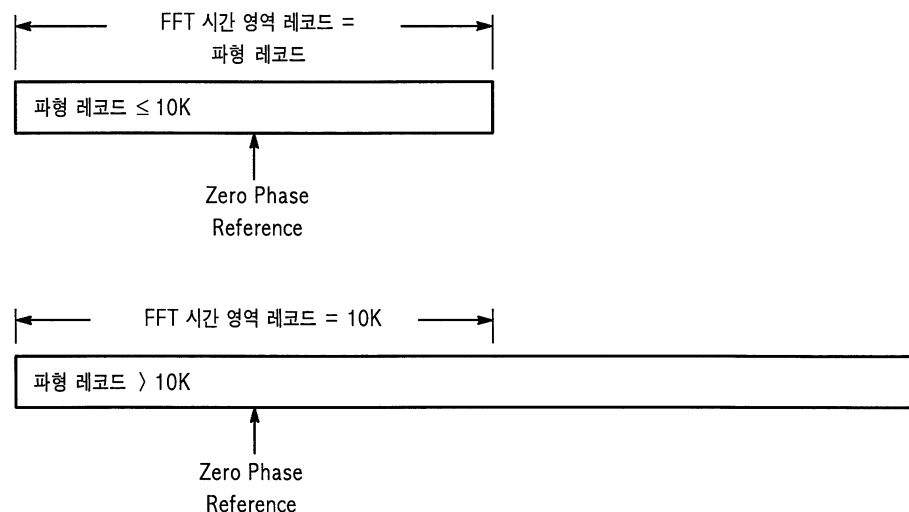


그림 3-100 파형 레코드 대 FFT 시간 영역 레코드

FFT 는 시간 레코드를 주파수 레코드로 변형 방금 설명한 FFT 시간 영역 레코드는 FFT에 입력된다. 그림 3-101은 그 시간 영역 데이터 레코드를 FFT 주파수 영역 레코드로 변형되는 것을 보여준다. 변형된 주파수 영역 레코드는 FFT 입력 길이의 반밖에 되지 않는다. 그 이유는 FFT는 포지티브와 네거티브 주파수를 모두 연산하기 때문이다. 네거티브 수치는 결국 포지티브 수치를 반영하기 때문에,포지티브 수치만 디스플레이된다.

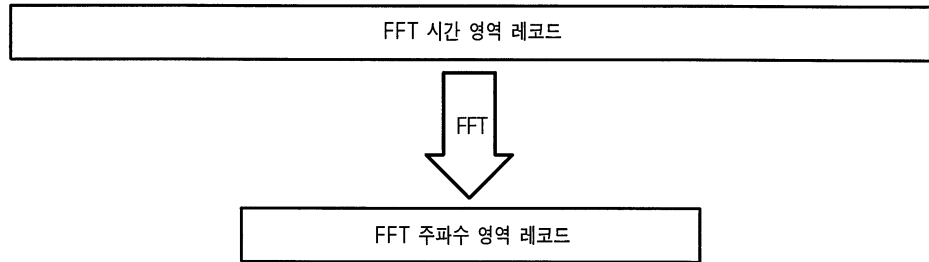


그림 3-101 FFT 시간 영역 레코드 대 FFT 주파수 영역 레코드

FFT 주파수 범위와 해상도 FFT 파형을 TURN ON 하면,오실로스코프는 FFT 주파수 영역 레코드의 magnitude 또는 phase angle을 디스플레이한다. 이 파형에서 디스플레이된 각 주파수 사이의 해상도는 다음 방정식으로 산출된다.

$$\Delta F = \frac{\text{Sample Rate}}{\text{FFT Length}}$$

ΔF 는 주파수 해상도이다.

Sample Rate는 소스 파형의 샘플 속도이다.

FFT Length는 FFT Time Domain 파형 레코드의 길이이다.

샘플 속도는 또한 이 주파수들의 스펜 범위를 결정한다. 이 주파수들은 0에서 1/2 샘플 속도 파형 레코드 범위를 스펜한다.(샘플 속도의 1/2 값은 또한 Nyquist 주파수 또는 포인트라고도 불리운다.) 예를 들어,20 Megasamples/ 초 샘플 속도는 0에서 10Mhz까지의 범위를 가진 FFT를 출력한다. 데이터 레코드를 포착하는데 사용할 수 있는 샘플 속도들은 범위에 따라 다르다. TDS 오실로스코프는 오실로스코프 화면의 맨 위에 나와있는 포착 판독에 샘플 속도를 디스플레이한다.

오프셋, 포지션, 스케일

아래 내용들은 FFT를 적절히 디스플레이하는 데 도움이 되는 정보이다.

디스플레이가 클립이 되지 않도록 조절 FFT 파형을 적절히 디스플레이하려면, 클립이 되지 않도록 소스 파형을 스케일한다.

- 화면에 맞게 소스 파형을 스케일하고 위치를 조절해야 한다. Off-screen 파형이 클립이 되면 FFT 파형에 에러가 발생한다.

마찬가지로, 최대 수직 해상도를 얻으려면, 화면보다 2 division이 더 크게 진폭을 확대하여 소스 파형을 디스플레이할 수 있다. 그렇게 하려면, 측정 메뉴에서 **Pk-Pk**를 TURN ON 하고 클리핑할 소스 파형을 모니터한다.

- 수직 위치와 수직 오프셋을 사용하여 소스 파형의 위치를 조절한다. 소스 파형이 클립이 되지 않는 이상, 수직 위치와 수직 오프셋은 DC에서의 경우를 제외하고는 FFT 파형에 영향을 주지 않는다. DC 교정은 아래에 설명되어 있다.

오프셋과 위치를 조절하여 DC 교정을 한다. 일반적으로, 표준 FFT 연산은 결과적으로 다른 주파수와 비교하여 두배나 큰 DC 수치를 산출한다. 또한, 윈도우 종류를 선택할 때 FFT의 DC 수치에 에러가 발생한다.

TDS 오실로스코프 상에 디스플레이된 FFT 출력은 교정이 되어 그 수신 신호의 DC 컴포넌트의 실제 수치를 보여준다. 소스 파형의 Position과 Offset은 Vertical 메뉴에서 반드시 제로로 설정되어야 한다. DC에서 진폭을 측정할 때, 1VDC는 $1V_{RMS}$ 와 동일하며 디스플레이는 dB로 표시된다는 점을 유의한다.

레코드 길이

대부분의 경우, 사용자는 가능한 짧은 레코드 길이를 사용하기 원한다. 그 이유는, FFT 파형을 화면에서 더 많이 볼 수 있고 또한 레코드 길이가 길면 오실로스코프 작동이 느려지기 때문이다. 하지만, 레코드 길이가 길면 노이즈가 낮아지고 FFT의 주파수 해상도가 높아진다. 더욱 중요한 점은 FFT에 포함하고자 하는 파형의 특징을 포착하는데 긴 레코드가 필요하다.

긴 레코드를 사용할 때 오실로스코프의 속도를 빠르게 하려면, 소스 파형을 기준 메모리에 저장하고 FFT를 저장한 파형 상에 작동하면 된다. 이렇게 하면, DSP는 FFT를 저장한 정적 데이터에 기준하여 연산하고 파형을 새로 저장할 때만 갱신한다.

획득 모드

올바른 획득 모드를 선택하면 노이즈가 낮은 FFT를 산출할 수 있다.

샘플 안에서 설정하기 사용자의 FFT를 설정하고 TURN ON할 때까지 샘플 모드를 사용한다. 샘플 모드는 반복적인 그리고 비반복적인 파형을 포착하고 소스 파형의 주파수 반응에 영향을 주지 않는다.

Hi Res와 Average Reduce Noise 펄스가 반복적이면, Average 모드를 사용하여 신호 안의 노이즈를 감소할 수 있지만 디스플레이 반응은 느려진다. Average는 반복 파형에서만 작동을 한다. 에버리징은 소스 파형의 주파수 반응에 영향을 주지 않는다.

TDS 500D와 TDS 700D 모델의 경우, FFT가 설정되고 디스플레이된 후, Hi Res 모드를 TURN ON하여 신호의 노이즈 효과를 감소할 수 있다. Hi Res는 반복 및 비반복 파형에서 작동하지만, 소스 파형의 주파수 반응에는 영향을 주지 않는다.

Peak Detect와 Envelope Add Distortion Peak Detect와 Envelope 모드는 FFT에 심각한 왜곡 현상을 가져다 주기 때문에 FFT에 사용하는 것을 권장하지 않는다.

Zoom과 Interpolation

일단 파형을 적절히 디스플레이했으면, 수직이나 수평으로 확대 (또는 축소) 할 수 있다. FFT 파형이 선택한 파형 모드라는 점에 유의한다. (MORE를 누르면 More 주 메뉴에서 FFT 파형을 선택할 수 있다. 다음, Vertical 또는 Horizontal SCALE 노브를 사용하여 연산 파형 크기를 조절한다.)

디스플레이를 zoom 확대 (2X, 5X, 등) 하려면 Zoom을 TURN ON 한다; **Zoom → On(side)**을 누른다. 수직 및 수평 zoom 확대 선택이 화면에 나올 것이다.

Zoom 이 ON 또는 OFF가 되었건 관계없이, **Reset(main) → Reset Live Factors** 또는 **Reset All Factors(side)**를 눌러서 확대된 FFT 파형을 원래 크기로 되돌릴 수 있다.

Zoom은 파형을 확대할 때 항상 $\sin(x)/x$ 또는 직선형 보간 (interpolation)을 사용한다. 보간 방법을 선택하는 방법은 **DISPLAY → Setting(main) → Display(pop-up) → Filter(main) → Sin(x)/x** 또는 **Linear(side)**를 선택한다.

만약에 소스 파형 레코드 길이가 500 포인트라면, FFT는 2X Zoom을 사용하여 250FFT 주파수 영역 레코드를 500 포인트로 확대할 것이다. 따라서, 500 포인트 FFT 연산 파형은 항상 2X 또는 그 이상으로 확대되어 있다. 다른 레코드 길이의 파형들도 Zoom 확대가 될 수 있고 최소 Zoom 1X 또는 이하로 디스플레이할 수 있다.

$\sin(x)/x$ 보간은 어떤 윈도우를 사용하는가에 따라서 FFT의 확대 모양과 phase 디스플레이를 일그러지게 할 수 있다. $\sin(x)/x$ 와 직선형 보간을 서로 바꿔서 그 효과가 어떤지 쉽게 체크할 수 있고, 측정 결과의 차이를 관측할 수 있다. 큰 차이가 있으면, 직선형 보간을 사용한다.

Undersampling (에일리어싱)

에일리어싱은 오실로스코프가 주파수 컴포넌트가 현재 샘플 속도의 주파수 범위를 벗어나는 소스 파형을 포착하면 발생한다. FFT 파형에서, 실제로 더 높은 주파수 컴포넌트들은 undersample이 된다. 따라서, 더 낮은 주파수 에일리어스로 나타나서 Nyquist 포인트 주위에서 폴드백한다 (접혀진다) (그림 3-102 참고).

최대 주파수는 에일리어스 없이 수신할 수 있는 최대 샘플 주파수의 1/2이다. 소스 파형의 기본 주파수는 에일리어스를 하지 않지만 고조파(harmonic) 주파수는 에일리어스를 하기 때문에, 에일리어스 현상을 인식하고 처리할 수 있는 대책을 가지고 있어야 한다.

- 신속한 에지 트랜지션 시간을 가진 소스 파형은 고주파 harmonics를 만들어 낸다. 이 harmonics들은 일반적으로 주파수가 증가할 때 진폭이 감소한다.
- 소스 신호를 샘플할 때 큰 진폭을 가진 최고 주파수의 최소한 2배의 속도로 한다.

- 대역폭으로 수신되는 주파수를 Nyquist 주파수보다 낮도록 필터한다.
- 에일리어스된 주파수를 인지한 다음 무시해 버린다.

FFT 에 이미 에일리어스된 주파수를 갖고 있다고 생각되면,소스 채널을 선택하고 수평 스케일을 조절하여 샘플 속도를 증가시킨다. 샘플 속도를 증가할 때 Nyquist 주파수를 증가시키기 때문에,에일리어스 신호들은 적절한 주파수에 나타나야 한다.

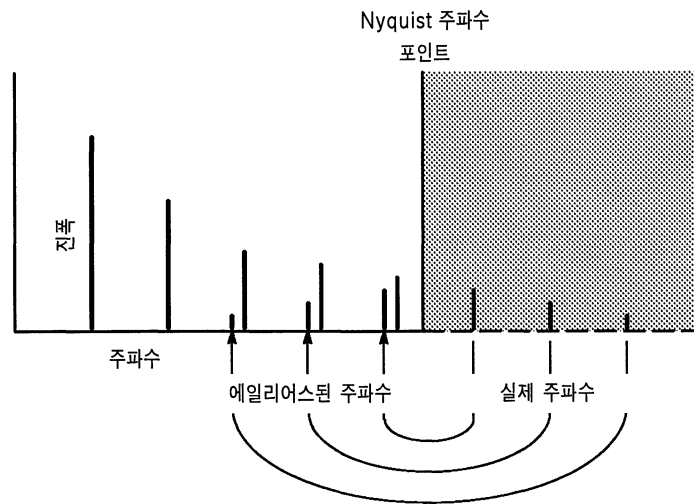


그림 3-102 에일리어스된 주파수가 FFT 안에 나타나는 모습

Phase Display 의 유의할 점

파형 안에 들어있는 주파수의 phase angle을 디스플레이하기 위하여 FFT 연산 파형을 설정할 때,phase 측정의 기준 포인트를 염두에 두어야 한다. Phase suppression을 사용하여 FFT 안의 노이즈를 감소할 수도 있다.

Zero phase reference **포인트를 설정** 각 주파수의 phase는 제로 페이즈 기준 포인트에 기준하여 측정된다. 제로 기준 포인트는 FFT 연산 파형의 중앙에 있지만 소스 (시간 영역) 레코드 상의 각종 포인트와 대응한다 (3-217 쪽의 그림 3-100 참고).

대부분의 소스 파형에 대해 phase를 측정하려면, phase 포지티브 peak를 제로 페이즈 포인트 중앙에 놓기만 하면 된다. (예를 들어, zero phase 포인트 주위로 포지티브 하프 사이클을 사인파나 사각형파를 센터시킨다.) 다음과 같은 방법을 사용한다.

- 우선, More 메뉴에서 FFT 연산 파형을 선택한 다음, Horizontal 메뉴에서 수평 위치를 50%로 설정한다. 이렇게 하면 zero phase 기준 포인트로 화면의 수평 중앙에 위치하게 된다.
- Horizontal 메뉴에서, 트리거 포지션을 바꾸어서 소스 파형의 포지티브 피크를 화면의 수평 중앙에 위치시킨다. 다른 방법으로는, 위상 표준 파형의 에지가 느린 경우에 트리거 레벨 (노브)을 조절하여 포지티브 피크를 중앙 화면에 위치시킬 수 있다.

임펄스를 테스트할 때와 phase를 측정할 때는, 임펄스 입력을 FFT 시간 영역 파형의 제로 기준 포인트와 배열한다.

- 15K 이하의 모든 레코드 길이의 경우, 트리거 위치를 50%에 설정하고, 수평 위치를 50%에 설정한다.
- 100K 길이의 레코드의 경우, 트리거 위치를 5%에 설정한다. 수평 위치 노브를 사용하여 화면의 트리거 T를 중앙 수평 계수판 라인으로 이동한다.
- FFT를 사용하여 테스트를 임펄스할 때 15K 길이를 사용하여 않는다. 또한 오실로스코프 모델에서 지원이 되더라도 30K, 75K 또는 130K 레코드 길이를 사용하지 않는다. 이러한 레코드 길이들은 phase 측정에서 제로 기준 포인트를 맞추기가 어렵다.
- 수신 임펄스에서 트리거한다.

Phase Suppression 을 조절 사용자의 소스 파형 레코드는 phase 각도가 $\pm\pi$ 에서 π 까지 다양한 노이즈 컴포넌트들을 가지고 있을 수 있다. 이 노이즈는 phase 디스플레이를 사용할 수 없게 만들 수 있다. 이런 경우, phase suppression을 사용하여 노이즈를 조정한다.

Phase suppression 레벨을 $1V_{RMS}$ 에 대해 dB로 지정한다. 주파수의 진폭이 임계치보다 더 클 경우에는, phase angle이 디스플레이될 것이다. 하지만, 임계치보다 작은 경우에는 phase angle은 제로로 설정되고 제로 각도 또는 radian으로 디스플레이될 것이다. (계수판의 좌측에 있는 파형 기준 표시기는 phase FFT의 phase가 제로인 레벨을 표시한다.)

소수의 주파수 FFT 연산 파형을 먼저 만든 다음, 동일한 소스의 phase FFT 파형을 만들면 필요한 phase suppression 레벨을 결정하기가 쉬워진다. 압축 레벨을 결정하기 위해 커서 측정을 사용하는 절차는 다음과 같다.

1. 3-211 쪽의 “FFT 만들기”의 단계 1에서 단계 7을 실행한다. **Set FFT Vert Scale to(side)**에서 **dBV RMS(side)**를 선택한다.
2. **CURSOR → Mode(main) → Independent(side) → Function(main) → H Bars(side)**를 누른다. 범용 노브를 사용하여 해당 주파수 진폭의 꼭대기가 커서 위로 위치되도록 한다. 다른 진폭은 커서보다 훨씬 아래에 둔다.
3. @:판독에서 dB의 레벨을 읽는다. 단계 5의 사용 레벨을 유의한다.
4. **MORE(main) → Change Waveform Definition menu(side)**를 누른다. **Set FFT Vert Scale to(side)**를 반복적으로 눌러서 **Phase(rad)** 또는 **Phase(deg)**를 선택한다.
5. **Suppress Phase at Amplitudes(side)**를 누른다. 범용 노브를 사용하여 위상 압축을 H Bar 커서를 사용하여 얻은 수치로 설정한다. 윈도우 선택을 바꾸지 않는다. 윈도우를 바꾸면, 커서를 사용하여 얻은 결과가 무효가 된다.

FFT 윈도우

FFT 데이터 디스플레이를 최적화하는 방법을 습득하려면, FFT 연산 파형을 연산하기 전에 FFT 윈도우 데이터를 먼저 이해해야 한다. FFT 윈도우 데이터를 이해하면 더욱 나은 디스플레이를 얻을 수 있다.

Windowing Process 오실로스코프는 레코드를 FFT 기능으로 입력하기 전에 FFT 시간 영역 레코드를 4개의 FFT 윈도우 중의 하나와 곱한다. 그림 3-103은 시간 영역 레코드가 어떻게 진행되는지를 보여준다.

FFT windowing은 FFT 시간 영역 레코드와 FFT 주파수 영역 레코드 사이에 대역필터와 같은 역할을 한다. 윈도우의 모양은 FFT가 주파수를 분해하고 주파수의 진폭을 정확하게 측정하게 한다.

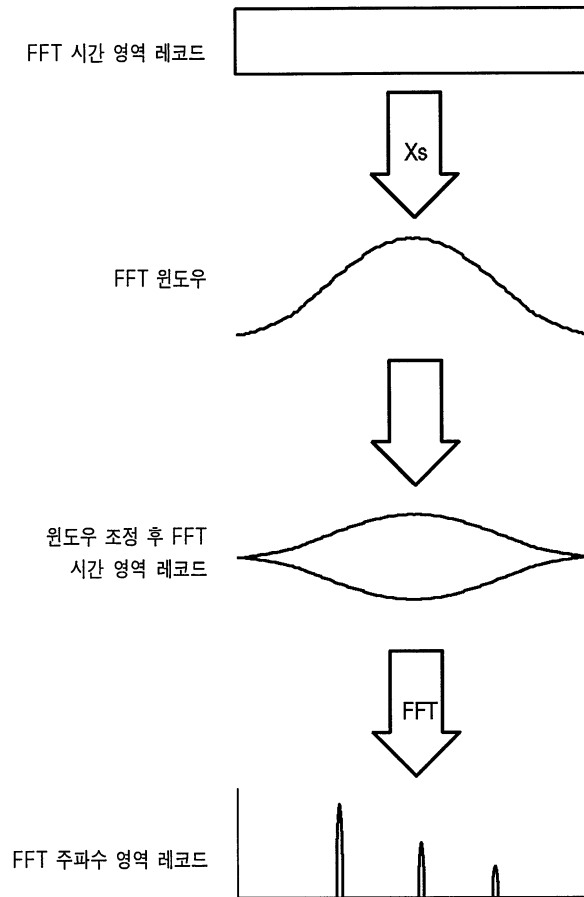


그림 3-103 FFT 시간 영역 레코드 윈도우 조정

윈도우 선택 적절한 윈도우를 선택하면, 더 높은 주파수 분해능(그 대신, 진폭 정밀성이 낮아짐)을 제공하고, 더욱 정밀한 주파수 진폭 측정(그 대신, 주파수 분해능이 낮아짐)을 제공하며, 또는 두 특징을 종합한 적정 포인트를 제공한다. Rectangular, Hamming, Hanning, Blackman-Harris 윈도우에서 선택할 수 있다.

“FFT를 만드는 방법”의 단계 8(3-213쪽)에서, 4개의 윈도우가 주파수 분해 대 그 주파수의 진폭을 정확하게 측정할 수 있는 능력 순서별로 열거되었다. 이 목록은 각 윈도우가 주파수를 분해할 수 있는 능력이 주파수의 진폭을 정확하게 측정할 수 있는 능력과 반비례한다는 것을 지적하고 있다. 일반적으로, 측정하고자 하는 주파수들 사이에서 분해할 수 있는 윈도우를 선택하면 된다. 그렇게 해야 최대 진폭 정밀성을 얻고 또한 주파수를 분리하고 있는 동안 누출을 방지할 수 있다.

우선 가장 최고 주파수 분해능에 맞추어 윈도우(직사각형)를 사용하면서, 주파수가 서로 합류할 때까지 최저 윈도우로 진행한다(Blackman-Harris). 주파수가 합류되면서 분해능과 진폭 정밀성 사이에 최상의 적정선을 보여주는 윈도우 바로 전의 윈도우를 사용한다.

주 *Hanning* 윈도우가 주파수를 합류하면, 직사각형 윈도우로 정하기 전에 *Hamming* 윈도우를 사용해 본다. 측정하고자하는 주파수가 기본으로부터 얼마나 떨어져 있는가에 따라, *Hamming* 윈도우는 경우에 따라서 *Hanning* 보다 주파수를 더욱 정밀하게 분해한다.

윈도우 특성 윈도우 사용을 평가할 때, 윈도우가 FFT 시간 영역 데이터를 어떻게 변경하는지 검사할 필요가 있다. 그림 3-104는 각 윈도우를 보여주고, 대역필터 특성, 대역폭, 그리고 가장 높은 사이드 로브를 보여준다. 다음과 같은 특성을 유의한다.

- 한 윈도우의 주 로브가 좁으면 좁을수록 주파수 분해능이 높아진다.
- 각 주 로브의 사이드 로브가 낮으면 낮을수록, 그 윈도우를 사용하는 FFT 안의 주파수의 진폭 정밀성이 높다.
- 로브가 좁으면 분리 감도가 더욱 더 높기 때문에 정밀성을 높여준다.

FFT 기능으로 전달되는 시간 영역 파형에서 정수가 아닌 파형 사이클의 번호가 들어 있을 때 누출이 발생한다. 그러한 레코드에서는 사이클의 분수가 있기 때문에, 레코드 끝에 단속 함수가 생긴다. 이러한 단속 함수들은 각 주파수에서 인접 주파수에 에너지를 누출시킨다. 결과적으로 그러한 주파수를 측정할 때 진폭 에러가 생긴다.

직사각형 윈도우는 파형 레코드 포인트를 변경하지 않는다. FFT 출력 레코드 안에서 가장 높은 로브를 생성하기 때문에 일반적으로 가장 높은 주파수 분해능을 제공한다. 측정한 시간 영역 레코드가 항상 정수 사이클을 갖고 있다면, 이 윈도우만 있으면 된다.

Hamming, Hanning, 그리고 Blackman-Harris 는 종 모양을 하고 있는데 파형 레코드를 레코드 끝에서 좁게 한다. Hanning 과 Blackman-Harris 윈도우는 레코드 끝에서 데이터를 제로로 만든다. 따라서, 누설을 방지하는 데 좋은 선택이다.

종 모양의 윈도우를 사용할 때, 시간 영역 레코드 안에 있는 대부분의 부분들이 윈도우의 중앙 위치에 자이를 잡게하여 테이퍼링으로 인한 에러가 발생하지 않도록 한다.

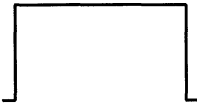
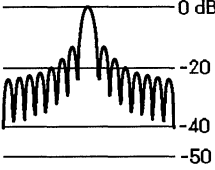
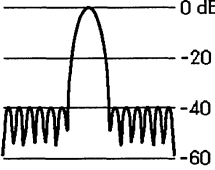
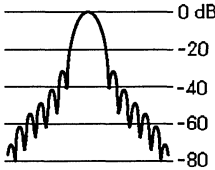
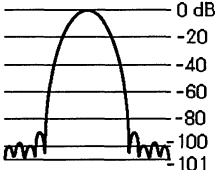
FFT 윈도우 종류	대역 필터	-3 dB 대역폭	가장 높은 쪽 로브
 Rectangular Window		0.89	-13 dB
 Hamming Window		1.28	-43 dB
 Hanning Window		1.28	-32 dB
 Blackman-Harris Window		1.28	-94 dB

그림 3-104 FFT 윈도우와 대역 필터 특성

파형 미분

TDS 오실로스코프의 Advance DSP Math는 파형 미분을 포함한다. 이 기능을 사용하면 포착한 파형의 순시 변동비를 표시하는 미분 연산 파형을 디스플레이 가능하게 한다. 이 단원은 오실로스코프를 어떻게 설정하면 미분 연산 파형을 디스플레이하고 측정하는지를 설명한다.

미분 파형은 증폭기 슬루 속도 측정과 교육 목적에 쓰인다. 미분 연산 파형을 기준 메모리 안에 저장하거나 디스플레이할 수 있고 다른 미분 파형의 소스로도 사용할 수 있다. 그 결과로 처음 미분이 되었던 파형이 두 번째로 미분된다.

샘플된 파형에서 파생된 연산 파형은 다음과 같은 방정식에 기준하여 산출된다.

$$Y_n = (X_{(n+1)} - X_n) \frac{1}{T}$$

X는 소스 파형

Y는 미분 연산 파형

T는 샘플 중간의 시간

결과적으로 생기는 파형 연산은 미분 파형이기 때문에 수직 스케일은 volts/second(수평 스케일은 seconds)이다. 소스 신호는 전체 레코드 길이로 미분된다. 따라서, 연산 파형 레코드 길이는 소스 파형 길이와 같게 된다.

파형의 미분 만들기

미분 연산 파형을 만드는 방법은,

1. 파형을 원하는 채널에 연결하고 그 채널을 선택한다.
2. 수직 및 수평 스케일을 조정하고 디스플레이를 트리거한다.(또는 **AUTOSET**을 누른다.)
3. **MORE→Math1, Math2, 또는 Math3 (main)→Change Math Definition (side)→Single Wfm Math (main)**를 누른다 (그림 3-105 참고).
4. **Set Single Source to(side)**를 누른다. 단계 1에서 선택한 채널 소스가 메뉴에 나올 때까지 같은 단추를 계속 누른다 (또는 범용 노브를 사용).
5. **Set Function to**를 누른다. diff가 메뉴에 나올 때까지 같은 단추를 계속 누른다 (또는 범용 노브를 사용).
6. **OK Create Math Wfm(side)**를 눌러서 단계 1에서 입력한 파형의 미분을 디스플레이 한다.

지금쯤 화면에 미분 연산 파형이 나와야 한다. 수직 **SCALE** 과 **POSITION** 노브를 사용하여 파형의 크기와 위치를 조정한다.

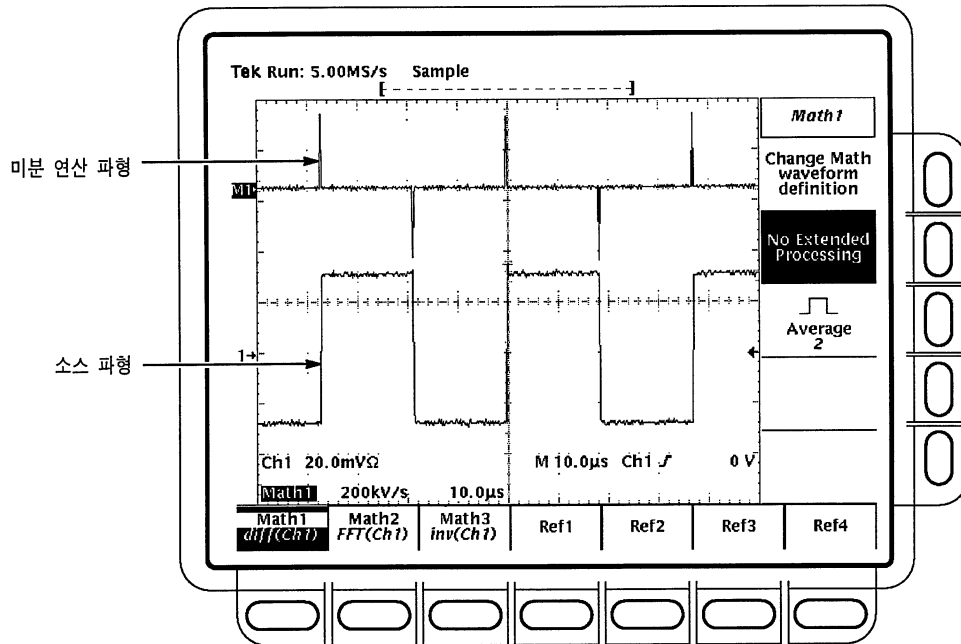


그림 3-105 미분 연산 파형

자동 측정 방법

미분 연산 파형이 일단 디스플레이되면 자동 측정을 사용하여 여러 가지 파라미터를 측정할 수 있다. 파형을 자동 측정하는 방법은,

1. 채널 선택 단추 안에서 **MORE**를 선택하고 **More** 주 메뉴에서 미분 연산 파형을 선택한다.
2. TDS 600B: **MEASURE** → **Select Measrmnt(main)**를 누른다.
3. TDS 500D 와 TDS700D: **MEASURE** → **Measure(pop-up)** → **Select Measrmnt(main)**을 누른다.
4. 사이드 메뉴에서 4 개까지의 측정치를 선택한다 (그림 3-106 참고).

커서 측정 방법

또한 커서를 사용하여 미분 파형을 측정할 수도 있다. 3-235쪽의 “커서 측정 방법”에 나와 있는 절차를 따른다. 그 절차를 따를 때 미분 파형 상의 진폭 측정이 volts/second로 표시됨을 유의한다.(적분 파형에서는 volts-seconds 로 표시된다.)

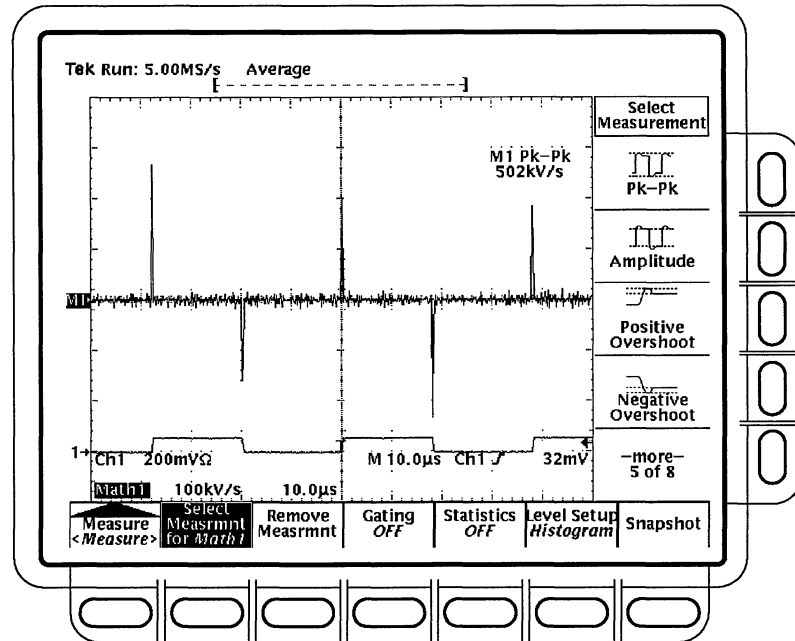


그림 3-106 미분 파형의 Peak-Peak 진폭 측정

오프셋, 포지션, 및 스케일

오프셋, 포지션, 스케일 세팅은 미분 파형에 영향을 준다. 양호한 디스플레이를 취득하는 요령은 다음과 같다.

- 소스 파형을 스케일하고 포지션할 때 반드시 화면 안에 모두 들어가도록 한다.(화면 밖으로 벗어나면 디스플레이가 클립이 되기 때문에 미분 파형에서 에러가 발생할 수 있다.)
- 수직 포지션과 수직 오프셋을 이용하여 소스 파형을 포지션할 수 있다. 수직 포지션과 수직 오프셋은, 소스 파형이 화면 밖으로 벗어나 클립되지 않는 이상 미분 파형에 영향을 주지 않는다.
- 수직 스케일 노브를 사용하여 소스 파형을 스케일할 때, 미분 파형도 스케일이 된다는 점에 유의한다.

오실로스코프는 파형을 미분하기 전에 소스 파형을 먼저 스케일하기 때문에, 미분 연산 파형은 수직으로 너무 커져서 화면에 안들어가는 수가 있다. 소스 파형의 divisions 이 몇 개 되지 않아도 마찬가지다. 이럴 때 Zoom을 사용하여 화면 상의 파형 크기를 축소할 수 있다(“Zoom 사용” 참고). 하지만, Zooming을 하기 전에 파형이 클립되면, zoom이 된 다음에도 클립이 될 것이다.

연산 파형이 좁게 미분된 펄스라면, 화면에서 볼 때 클립된 것 같이 보이지 않는다. Zoom을 사용하여 미분 연산 파형을 수평으로 확대해 보면 클립이 되었는지를 알 수 있다. 또한, 자동 측정 Pk-Pk를 사용하면 클립 에러 메시지가 나온다(3-230쪽의 “자동 측정 방법” 참고).

미분 파형이 클립이 되었으면, 아래 방법 중 하나를 사용하여 클립핑을 제거한다.

- 화면에서 소스 파형의 크기를 축소한다.(소스 채널을 선택하고 수직 **SCALE** 노브를 사용한다.)
- 화면에서 파형을 수평으로 확대한다.(소스 채널을 선택하고, 수평 **SCALE** 노브를 사용하여 수평 스케일을 증가시킨다.) 예를 들어, 3-230 쪽의 그림 3-105에서 설명한 대로 소스 파형을 디스플레이해서, 상승, 하강 에지를 더 많은 수평 divisions에서 디스플레이 되게하면 해당 미분 펄스의 진폭은 감소하게 된다.

어떤 방법을 사용하던지, Zoom을 OFF시키고 Zoom 계수를 재설정해야 한다(아래 “Zoom 사용” 참고).

Zoom 사용

파형이 일단 최적 상태로 디스플레이되면, 파형을 화면에서 수직 또는 수평으로 확대(또는 축소)할 수 있다. 단, 미분된 파형이 선택한 파형이 되어야 한다.(**MORE**를 누르고, More 주 메뉴에서 미분된 파형을 선택한 다음, Vertical, Horizontal **SCALE** 노브를 사용하여 연산 파형 크기를 조절한다.)

Zoom 계수(2X, 5X, 등)를 보려면, Zoom을 **TURN ON** 해야 한다. **Zoom → ON** (side)을 선택한다. 수직과 수평 zoom 계수가 화면에 나온다.

Zoom이 켜져 있는 꺼져 있는 관계없이 **Reset(main)→Reset Live Factors**나 **Reset All Factors(side)**를 눌러 확대된 적분 파형을 원래 크기로 되돌릴 수 있다.

파형 적분

TDS 오실로스코프의 Advanced DSP Math 기능에는 파형 적분도 들어있다. 이 기능은 포착한 파형을 적분하여 적분 연산 파형을 디스플레이해준다. 이 단원에서는 오실로스코프를 어떻게 설정하면 적분 연산 파형을 디스플레이하고 측정할 수 있는지를 설명한다.

적분 파형은 다음과 용도에 적합하다.

- 전원과 에너지 측정 (예를 들어, 스위칭 전원 공급)
- 기계적 변환기의 특성화 (예를 들어, 속도를 알기 위하여 가속도계 출력을 적분)

샘플 파형에서 파생된 적분 연산 파형은 다음과 같은 방정식을 사용하여 산출된다.

$$y(n) = scale \sum_{i=1}^n \frac{x(i) + x(i-1)}{2} T$$

x(i)은 소스 파형

y(n)은 적분 연산 파형 안의 포인트

Scale은 출력 스케일 계수

T는 샘플 사이의 시간

결과적으로 생기는 적분 연산은 적분 파형이기 때문에, 수직 스케일은 volts/second (수평 스케일은 seconds)이다. 소스 신호는 전체 레코드 길이로 적분된다. 따라서, 연산 파형 레코드 길이는 소스 파형 길이와 동일하다.

파형의 적분 만들기

적분 연산연산 파형을 구하는 방법은,

1. 파형을 원하는 채널에 연결하고 그 채널을 선택한다.
2. 수직 및 수평 스케일을 조정하고 디스플레이를 트리거한다(또는 **AUTOSET**을 누른다).
3. **MORE → Math1, Math2, 또는 Math3(main) → Change Math waveform definition(side) → Single Wfm Math(main)**를 누른다.
4. **Set Single Source to(side)**를 누른다. 단계 1에서 선택한 채널 소스가 메뉴에 나올 때까지 같은 단추를 계속 누른다.
5. **Set Function to(side)**를 누른다. **intg**가 메뉴에 나올 때까지 같은 단추를 반복하여 누른다.
6. **OK Create Math Waveform(side)**을 눌러서 입력한 파형의 적분 연산을 Turn on 한다.

지금쯤 화면에 적분 연산 파형이 나와야 한다(그림 3-107 참고). 수직 **SCALE** 과 **POSITION** 노브를 사용하여 파형의 크기와 위치를 조정한다.

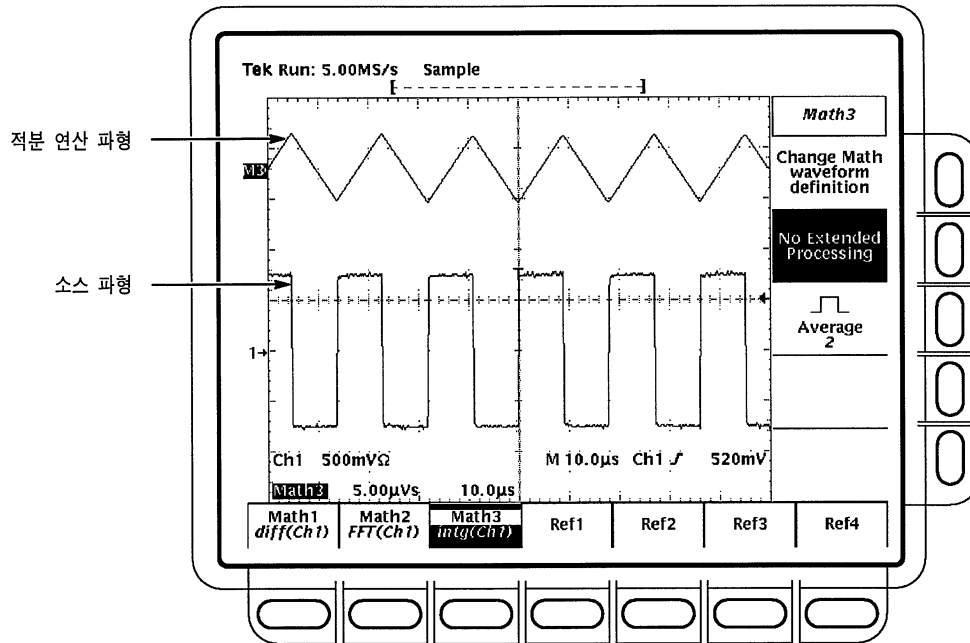


그림 3-107 적분 연산 파형

커서 측정을 하는 방법

적분 연산 파형이 일단 디스플레이하면, 커서를 사용하여 전압을 시간에 비례하여 측정한다.

1. 채널 선택 단추 중에서 **MORE**를 선택하고 (점등이 됨) More 주 메뉴에서 적분 연산 파형을 선택한다.
2. **CURSOR** → **Mode(main)** → **Independent(side)** → **Function(main)** → **H Bars(side)**를 누른다.
3. 범용 노브를 사용하여 선택한 커서(실선)를 맨 위에 맞춘다.(또는 선택한 진폭 레벨과 맞춘다).
4. **SELECT**를 눌러서 다른 커서를 선택한다.
5. 범용 노브를 사용하여 선택된 커서를 하단에 맞춘다.(또는 선택한 진폭 레벨에 맞춘다).
6. Δ : 판독에서 커서 사이의 시간과 비례하여 적분된 전압을 volt-seconds로 읽는다. 선택한 커서와 연산 파형의 기준 표시기 사이의 시간과 비례하여 적분된 전압을 @: 판독에서 읽는다 (그림 3-108 참고).

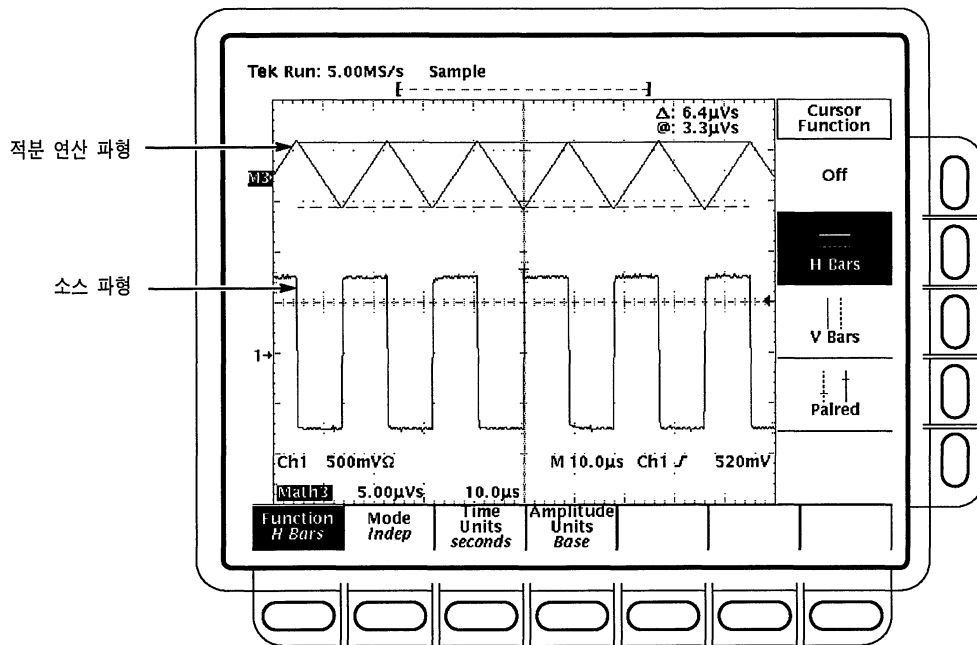


그림 3-108 H Bars Cursor 는 적분 연산 파형을 측정한다.

7. **Function(main)→V Bars(side)**를 누른다. 범용 노브를 사용하여 두 개의 수직 커서 중의 하나를 파형의 수평축에서 원하는 포인트와 맞춘다.
8. **SELECT**를 눌러서 대체 커서를 선택한다.
9. 대체 커서를 연산 파형 상의 다른 포인트와 맞춘다.
10. Δ : 판독에서 커서들 사이의 시간 차이를 확인한다. @: 판독에서 선택한 커서와 소스 파형의 트리거 포인트 사이의 시간 차이를 확인한다.
11. **Function(main)→Paired(side)**를 누른다.
12. 위에 설명된 방법을 이용해 각 쌍으로된 커서의 긴 수직 바를 수평축 상의 원하는 포인트에 둔다.

13. 커서 판독에서 다음 수치들을 확인한다.

- Δ : 판독에서 쌍 커서의 X 사이의 시간과 비례하여 적분된 전압을 volt-seconds 로 확인한다.
- @: 판독에서 선택한 커서의 X와 연산 파형의 기준 표시기 사이의 시간과 비례하여 적분된 전압을 확인한다.
- 쌍으로된 커서의 긴 수직 바들 사이의 시간 차이를 Δ : 판독에서 확인한다.

자동 측정 방법

자동 측정 방법을 사용하여 적분 연산 파형을 측정할 수도 있다. 3-230쪽의 “자동 측정 방법”과 동일한 절차를 실행한다. 그 절차를 실행할 때, 적분 파형은 volt-seconds 라는 점을 유의한다. 반면에 미분 파형은 volts per second 로 표시된다.

오프셋,포지션 및 스케일

라이브 채널 파형에서 적분된 연산 파형을 만들 때, 다음과 같은 사항에 유의한다. 양호한 디스플레이를 취득하려면 다음과 같은 요령을 참고한다.

- 소스 파형을 스케일하고 포지션할 때 반드시 화면 안에 모두 들어가도록 한다.(화면 밖으로 벗어나면 디스플레이가 클립이 되고 결과적으로, 적분 파형에서 에러가 발생할 수 있다)
- 수직 포지션과 수직 오프셋을 이용하여 소스 파형을 포지션할 수 있다. 수직 포지션과 수직 오프셋은, 소스 파형이 화면 밖으로 벗어나 클립되지 않는 이상 적분 파형에 영향을 주지 않는다.
- 수직 스케일 노브를 사용하여 소스 파형을 스케일할 때, 적분 파형도 스케일이 된다는 점을 유의한다.

DC 오프셋

오실로스코프로 연결하는 소스 파형은 DC 오프셋 컴포넌트를 갖고 있는 경우가 많다. 오실로스코프는 이 오프셋을 파형의 시간 변형 부분과 함께 적분한다. 소스 파형 안에 몇 개의 오프셋 division 만 있어도, 특히 긴 레코드 길이에서, 적분 파형은 충분히 포화(클립)시킬 수 있다.

짧은 레코드 길이를 선택하면, 적분 파형이 포화되는 상태를 피할 수 있다. (**HORIZONTAL MENU → Record Length(main)**를 누른다.) 선택한 소스 채널로 샘플 속도 (**HORIZONTAL SCALE** 노브를 사용)를 감소해도 클리핑을 방지할 수 있다. 또한, 소스 파형 수직 메뉴에서 AC 커플링을 선택한다. 그렇게 하지 않으면, DC는 오실로스코프 입력에 적용하기 전에 필터해버린다.

Zoom 사용

일단 파형이 최적 상태로 디스플레이되면, 파형을 화면에서 수직 또는 수평으로 확대(또는 축소)할 수 있다. 적분된 파형이 선택한 파형이 되어야 한다. (**MORE**를 누르고, **More** 주 메뉴에서 적분된 파형을 선택한 다음, **Vertical, Horizontal SCALE** 노브를 사용하여 연산 파형 크기를 조절한다.)

줌계수 (2X, 5X 등)를 보려면 **Zoom**을 켜야 한다. **ZOOM → On(side)**을 누르면 수평 및 수직 줌 계수가 화면에 나타난다.

Zoom이 켜져 있든 꺼져 있든 **Reset(main) → Reset Live Factors**나 **Reset All Factors(side)**를 눌러 확대된 적분 파형을 원래 크기로 되돌릴 수 있다.

부 록

부록 A: 선택 품목과 액세서리

이 부록에서는 TDS 오실로스코프에서 쓰이는 각종 옵션과 더불어 표준 및 옵션 액세서리를 설명한다.

옵션

Tektronix는 표 A-1에 소개된 옵션을 설명한다.

표 A-1 옵션

옵션#	레이블	설명
A1	국제 규격 유럽 전원 코드	220V,50Hz 전원 코드
A2	UK 전원 코드	240V,50Hz 전원 코드
A3	호주 전원 코드	240V,50Hz 전원 코드
A4	북미 전원 코드	240V,60Hz 전원 코드
A5	스위스 전원 코드	220V,50Hz 전원 코드
HD	하드 디스크 드라이브	하드 디스크 추가 (TDS 500D와 TDS 700D에만 제공)
05	비디오 트리거	오실로스코프는 비디오 신호가 수평 또는 수직 동기 펄스를 생성할 때 발생하는 이벤트를 조사할 수 있는 도구가 있다. 이 도구들을 사용하면 NTSC,PAL,SECAM,그리고 고품질 TV 신호를 조사할 수 있다. (옵션은 TDS 794D에는 제공되지 않음)
13	RS-232/Centronics Hardcopy Interface 포트	RS-232-C와 Centronics 인터페이스 포트 추가(옵션은 TDS 500C,TDS 620B와 TDS 680B에만 제공)
1G	최대 1GS/s	sample rate 최대 1GS/s로 한정 (옵션은 TDS 520D, TDS 540D, TDS 724D와 TDS 754D에만 해당)
1K	Scope cart	K420 scope cart. 이 카트는 실험실에서 오실로스코프를 싣고 다니기 편리함.
24	4 개의 패시브 프로브	4 개의 500MHz P6139A 패시브 프로브 추가 (옵션은 TDS 600B와 TDS 784C 모델에만 제공)
26	4 개의 액티브 프로브	4 개의 1.5GHz(프로브만) P6245 액티브 프로브 추가 (옵션은 TDS 684B와 784C 모델에만 제공)
27	2 개의 액티브 프로브	2 개의 1.5 GHz(프로브만) P6245 액티브 프로브 추가 (옵션은 TDS 680B 모델에만 제공)

표 A-1 옵션 (계속)

옵션 #	레이블	설명
1M	130,000 레코드 길이	레코드 길이를 표준 50,000 샘플에서 다음 길이로 연장 가능 TDS 520D와 TDS 724D: 한 채널에서는 250,000 샘플까지, 두 채널에서는 130,000까지 TDS 540D, TDS 580D, TDS 754D, TDS 784D와 TDS 794D: 한 채널에서는 500,000 샘플까지, 두 채널에서는 250,000까지, 셋 또는 네 채널에서 130,000 샘플까지 (옵션은 위에 나온 모델에만 제공.)
2M	8M 획득 길이	표준 획득 길이를 다음 길이로 연장 가능 TDS 520D와 TDS 724D: 두 개 채널에서는 2M 샘플까지, 한 채널에서는 4M 샘플까지 TDS 540D, TDS 580D, TDS 754D, TDS 784D와 TDS 794D: 세 개나 네 개 채널에서 2M, 두 개 채널에서는 4M, 한 채널에서는 8M까지 (옵션은 하드 디스크를 포함하며 위에 나온 모델에만 제공)
1R	Rackmount	오실로스코프는 폭 19인치의 랙에 설치되도록 구성되어 나온다. 현장에서 전환을 할 경우엔 kit # 016-1236-00 을 주문한다.
2C	통신 신호 분석	통신 신호 트리거링과 마스크 테스트를 할 수 있도록 구성된다. (TDS 500D와 TDS 700D에만 제공)
3C	P6701B+ 시스템 보정	P6701B와 채널 1에 짧은 파장 광학 기준 리시버가 보정되어 나온다 (TDS 794를 제외한 TDS 500D와 TDS 700D에만 제공).
4C	P6703B+ 시스템 보정	P6703B와 채널 1에 긴 파장 광학 기준 리시버가 보정되어 나온다 (TDS 794를 제외한 TDS 500D와 TDS 700D에만 제공).

표 A-1 옵션(계속)

옵션#	레이블	설명
31	버퍼된 패시브 프로브	500 Mhz P6339A 10x 버퍼된 패시브 프로브 추가 (옵션은 TDS 794D에만 제공)
32	액티브 프로브	4 Ghz P6217 액티브 프로브 추가 (옵션은 TDS 580D, TDS 784D와 TDS 794D에만 제공)
33	저 커패시턴스 프로브	3.0 Ghz (프로브만) P6158 20x, 1 K Ω 저 커패시턴스 프로브 추가 (옵션은 TDS 580D, TDS 784D와 TDS 794D에만 제공)
34	차동 프로브	1 Ghz (프로브만) P6247 차동 프로브 추가 (옵션은 TDS 500D와 TDS 700D에만 제공)
35	액티브 프로브	1 Ghz (프로브만) P6243 액티브 프로브 추가 (옵션은 TDS 754D, TDS 724D, TDS 540D와 TDS520D에만 제공)
36	패시브 프로브	500 Mhz P6139A 10X 패시브 프로브 추가 (옵션은 TDS 784D와 TDS 580D에만 제공)
37	액티브 프로브	1.5 Ghz P6245 액티브 프로브 추가 (옵션은 TDS 794D, TDS 784D와 TDS 580D에만 제공)
2D	2 개의 프로브	일반적으로 오실로스코프와 함께 배송되는 2 개의 표준 프로브를 삭제 (옵션은 TDS 520D와 TDS 620B 모델에만 제공)
2F	고급 DSP 연산	FFT,적분,그리고 미분과 같은 고급 DSP 연산 기능 추가 (옵션은 TDS 500D 모델에만 제공)
4D	4 개의 프로브	모델과 함께 배송되는 4 개의 표준 프로브 삭제 (옵션은 TDS 540D, TDS 644B, TDS 754D 모델에만 제공)
C3	3 년 보증	3 년의 보증기간 제공
C5	5 년 보증	5 년의 보증기간 제공
95	보증 데이터 보고서	보증 데이터 보고서가 오실로스코프와 함께 제공됨
D3	C3 용 보증 데이터	C3를 위한 보증 데이터 제공
D5	C5 용 보증 데이터	C5를 위한 보증 데이터 제공
R5	연장된 보증	5년 연장된 보증이 오실로스코프와 함께 제공됨
L1	불어 설명서	선택한 옵션에 따라 해당 언어로 된 참고 설명서가 제공됨
L3	독어 설명서	
L5	일어 설명서	
L9	한국어 설명서	

표준 액세서리

표 A-2 는 오실로스코프의 표준 액세서리 목록이다.

표 A-2 표준 액세서리

액세서리	부품 번호
사용 설명서	071-0130-XX
참고	020-2235-XX
기술 참고서: 성능 확인과 명세	071-0135-XX
프로브: TDS 754D: 네 개의 P6139A 10X, 500 MHz 패시브 프로브 TDS 644B: 네 개의 P6243A 프로브 TDS 620B: 두 개의 P6139A 프로브 TDS 540D: 네 개의 P6139A 10X, 500 MHz 패시브 프로브 TDS 520D 와 TDS 724D: 두 개의 P6139A 10X, 500 MHz 패시브 프로브 TDS 580D, TDS 680B, TDS 684B, TDS 784D, TDS 794D: 프로브 기준 없음	P6139A P6243 P6139A P6139A P6139A
전면 커버	200-3696-01
액세서리 파우치 (TDS 644B, TDS 684B, TDS 700D)	016-1268-00
미국 전원 코드	161-0230-01

액세서리 선택 품목

아래 표 A-3 에 있는 액세서리 옵션을 주문할 수 있다.

표 A-3 액세서리 선택 품목

액세서리	부품 번호
정비 지침서	071-0136-XX
오실로스코프 카트	K420
랙 마운트 커트(필드 전환용)	016-1236-00
액세서리 파우치(TDS 500D, TDS 620B, TDS 680B)	016-1268-00
소프트 사이드 캐링 케이스	016-0909-01
이동 케이스	016-1135-00
GPIB 케이블 (1 미터)	012-0991-01
GPIB 케이블 (2 미터)	012-0991-00
Centronics 케이블	012-1214-00
RS-232 케이블	012-1298-00

액세서리 프로브

표 A-4는 다음 액세서리 프로브들을 오실로스코프와 함께 사용 권장되는 액세서리 프로브 목록이다. 각 프로브의 설명이 표 이후에 나와 있다.

표 A-4 권장 프로브 교차 참조

프로브	520D와 540D	580D	620D와 644B	680B와 684B	724D와 754D	784D	794D
특별 10X							P6399A
패시브 1X	P6101B	P6101B	P6101B	P6101B	P6101B	P6101B	
10X	P6139A	P6139A	P6139A	P6139A	P6139A	P6139A	
100X	P5100	P5100	P5100	P5100	P5100	P5100	
1000X	P6015A	P6015A	P6015A	P6015A	P6015A	P6015A	
SMD	P6563A	P6563A	P6563A	P6563A	P6563A	P6563A	
저 커패시턴스	P6158	P6158	P6158	P6158	P6158	P6158,	P6158
활성 CMOS/TTL	P6243	P6245	P6243	P6245	P6243	P6245	P6245
모든 기술	P6245, P6217	P6245, P6217	P6245, P6217	P6245, P6217	P6245, P6217	P6245, P6217	P6245, P6217
로직	P6408	P6408	P6408	P6408	P6408	P6408	P6408
차동 디지털 / 텔레콤	P6246 P6247	P6247	P6246 P6247	P6246	P6246 P6247	P6247	P6247
마이크로 볼트	ADA400A	ADA400A	ADA400A	ADA400A	ADA400A	ADA400A	
고전압	P5205, P5210	P5205, P5210	P5205, P5210	P5205, P5210	P5205, P5210	P5205, P5210	
전류 AC 만 해당	P6021,P6022 CT-1, CT-2	P6021,P6022 CT-1, CT-2	P6021,P6022 CT-1, CT-2	P6021,P6022 CT-1, CT-2	P6021,P6022 CT-1, CT-2	P6021,P6022 CT-1, CT-2	CT-1, CT-2
전류 AC/DC	TCP202, AM503S	TCP202, AM503S	TCP202, AM503S	TCP202, AM503S	TCP202, AM503S	TCP202, AM503S	TCP202, AM503S
전기 광학 컨버터	P6701B, P6703B	P6701B, P6703B	P6701B, P6703B	P6701B, P6703B	P6701B, P6703B	P6701B, P6703B	P6701B, P6703B

- P6701B Optical-to-Electronic Converter, 500 to 950nm(DC to 1GHz, 1V/mW)
- P6703B Optical-to-Electronic Converter, 1100 to 1700nm(DC to 1.2GHz, 1V/mW)
- P6723 Optical Logic Probe; 1310 to 1550nm(20 to 850 Mb/s, -8 to -2B dBm)
- AFTDS 차동 신호 어댑터
- AMT75 75Ω to 50Ω 어댑터
- P6243 Active, 고속 디지털 전압 프로브. FET. DC to 1.0GHz.
- P6245 Active, 고속 디지털 전압 프로브. FET. DC to 1.5GHz.
- P6246 Active, 고대역 차동 프로브. FET. DC to 400MHz
- P6247 Active, 고대역 차동 프로브. FET. DC to 1GHz
- P6101B 1X, 15MHz, 패시브 프로브
- P6158 3.0GHz, 20x, 1KΩ, 저 커패시턴스 프로브
- P6139A 10X, 500MHz 패시브 프로브
- P6339A 500MHz 버퍼된 패시브, AC/DC 커플링, 20/150 MHz 진폭 제한 프로브 (TDS 794D 용)
- P6217 Active, 고속 디지털 전압 프로브. FET. DC to 4GHz. DC 오프셋.
- P6204 Active, 고속 디지털 전압 프로브. FET. DC to 1GHz. DC 오프셋.
- P6563A Passive, SMD 프로브, 20X, 500MHz

- P5100 고전압 패시브 프로브, 2.5kV, DC to 250MHz
- P6015A 고전압 프로브, 40kV 피크, 75MHz
- P5205 고전압 차동 프로브, 1.3kV(차동), DC to 100MHz
- P5210 차동, 고전압 프로브, 5.6kV(DC + 피크 AC) 50MHz
- ADA 400A 차동 프리엠프, 전환 게인
- AM 503S — DC/AC Current 측정 시스템, AC/DC. A6302 Current 프로브를 사용
- AM 503S Option 03: DC/AC Current 측정 시스템, AC/DC. A6303 Current 프로브를 사용
- AM 503S Option 05: DC/AC 100MHz, Current 측정 시스템, A6312 Current 프로브를 사용
- TCP 202 Current 프로브, DC to 50MHz, 15A DC
- P6021 AC Current 프로브. 120Hz to 60MHz
- P6022 AC Current 프로브. 935kHz to 120MHz
- CT-1 Current 프로브 — 영구적 또는 반영구적 회로 내부 설치용으로 설계. 25kHz to 1GHz, 50 Ω 입력
- CT-2 Current 프로브 — 영구적 또는 반영구적 회로 내부 설치용으로 설계. 1.2kHz to 200MHz, 50 Ω 입력
- CT-4 Current Transformer — AM 503S(A6302, A6312)와 P6021과 함께 사용. 피크 펄스 20kA. AM 503S(A6302)와 같이 사용하면 0.5Hz to 20MHz
- P6408 로직 프로브, 17-bit, TTL

액세서리 소프트웨어

표 A-5 에 목록이 나와 있는 옵션은 Tektronix 의 소프트웨어로서 오실로스코프와 함께 사용된다.

표 A-5 액세서리 소프트웨어

소프트웨어	부품 번호
Wavewriter, AWG 와 파형 만들기	S3FT400
WaveStar [™] : 파형 포착과 문서화	WSTR31
WaveStar [™] : 파형 포착과 문서화, 윈도우 95/NT 버전	WSTRO
통신 패키지와 i-Pattern Software	TTiP

품질 보증 내용

이 제품과 위에 열거한 제품들의 품질 보증 내용은 각 매뉴얼의 첫 페이지 바로 다음에 나와 있다.

부록 B: 알고리즘

TDS 오실로스코프는 25 개의 자동 측정을 할 수 있다. 오실로스코프가 어떻게 이러한 계산을 하는지를 알면, 오실로스코프 사용 방법을 쉽게 이해할 수 있고 또한 측정 결과도 해석할 수 있다.

측정 변수

오실로스코프는 계산 방법에서 여러 가지 변수를 사용한다. 그 중에는

High, Low

*High*는 하강 시간과 상승 시간과 같이 측정에서 100% 레벨로 사용한 수치이다. 예를 들어서, 10% 에서 90% 상승 시간으로 요구하면, 오실로스코프는 *High*가 100%를 나타낼 때 10%와 90%로 계산한다.

*Low*는 하강 시간이나 상승 시간과 같이 측정에서 0%로 사용한 수치이다.

*High*와 *Low*가 정확히 무엇을 의미하는가는 Measure 메뉴의 **High-Low Setup** 항목에 나와있는 두 개의 계산 방법 중 어떤 것을 사용했는가에 달려 있다. 이 두 개의 방법은 *Min-max*와 *Histogram*이다.

Min-Max 방법 — 이 방법은 파형의 0%와 100% 레벨을 최저 진폭(가장 네거티브) 그리고 최고 진폭(가장 포지티브) 샘플로 정의한다. Min-Max 방법은 주파수, 폭 및 여러 종류 신호의 주기를 측정하는 데 편리하다. Min-Max는 파형의 ringing과 spikes에 민감하지만, 상승 시간, 하강 시간, 오버슈트 그리고 언더슈트를 항상 정확히 측정하는 것은 아니다.

Min-Max 방법은 *High*와 *Low* 수치를 다음과 같이 계산한다.

$$High = Max$$

$$Low = Min$$

Histogram 방법 — 이 방법은 파형의 중간 포인트의 위와 아래 부분에서 최고 밀도의 포인트를 찾으려고 한다. 0% 와 100% 레벨을 결정할 때 ringing 과 spikes 를 무시하려고 시도한다. 사각형파와 펄스 파형을 측정할 때는 이 방법이 좋다.

오실로스코프는 히스토그램에 기준한 High 와 Low 수치를 다음과 같이 계산한다.

1. 각 디지털화 레벨당 (모두 256 개) bin 하나를 가진 레코드의 히스토그램을 만든다.
2. *Min* 과 *Max*의 중간 포인트에서 (*Mid* 라고도 불리운다) 히스토그램을 2 개의 단위로 나눈다.
3. 상위 히스토그램에서 가장 많은 포인트의 레벨이 *High* 수치이고, 하위 히스토그램에서 가장 많은 포인트를 가진 레벨이 *Low* 수치다.(Histogram 이 *High* 와 *Low* 에서 피크하는 레벨을 선택한다.)

*Mid*가 상위 또는 하위 히스토그램에서 가장 큰 피크 수치를 줄 경우에는, *Mid* 수치를 *High* 와 *Low* 수치다 (매우 낮은 진폭의 파형일 경우).

최대치를 갖고 있는 히스토그램 레벨 (bin) 이 하나 이상이면 *Mid*에서 가장 먼 bin 을 선택한다.

이 알고리즘은 100% 오버슈트 이상의 two-level 파형에서는 적합하지 않다.

HighRef, MidRef, LowRef, Mid2Ref

사용자는 Measure 메뉴의 **Reference Level** 선택을 통하여 각종 기준 레벨들을 설정한다. 이 레벨들은

HighRef — 높은 기준 레벨의 파형. 상승 시간과 하강 시간 계산에서 사용된다. 일반적으로 90% 에 설정된다. 0% 에서 100% 까지 또는 전압 레벨로 설정할 수 있다.

MidRef — 중간 기준 레벨의 파형. 일반적으로 50% 에 설정된다. 0% 에서 100% 또는 전압 레벨로 설정할 수 있다.

LowRef — 낮은 기준의 레벨의 파형. 하강 및 상승 시간 계산에서 사용된다. 일반적으로 10%에 설정된다. 0%에서 100% 또는 전압 레벨로 설정할 수 있다.

Mid2Ref — 두번째 파형(또는 동일한 파형의 두 번째 중간 기준)의 중간 기준 레벨. 지연 시간 계산에서 사용된다. 일반적으로 50%로 설정된다. 0%에서 100%까지 또는 전압 레벨로 설정할 수 있다.

그 밖의 변수

오실로스코프는 또한 측정 계산에 도움이 되도록 그 밖의 몇가지 수치들을 측정한다.

RecordLength — 타임 베이스 안의 데이터 포인트 수. Horizontal 메뉴 **Record Length** 항목에서 설정할 수 있다.

Start — 측정 zone(X-value)의 시작 지점이다. 게이트된 측정을 하지 않는 이상 그 수치는 0.0 샘플이다. 게이트된 측정을 사용할 경우에는, 이 지점은 좌측 수직 커서 위치다.

End — 측정 zone(X-value)의 끝 지점이다. 게이트된 측정을 하지 않는 이상 그 지점은 (RecordLength-1.0) 샘플이다. 게이트된 측정을 사용할 경우에는, 이 지점은 우측 수직 커서의 위치이다.

Hysteresis — Hysteresis 대역은 파형 진폭의 10%이다. *MCross1*, *MCross2*, 그리고 *MCross3* 계산에서 사용된다.

예를 들어서, 네거티브 방향에서 교차가 측정되었다면, 파형 데이터는 측정 시스템이 무장되고 포지티브 크로싱 준비가 될 때까지 *MidRef* 포인트로부터 진폭 10% 이하로 떨어져야 한다. 마찬가지로, 포지티브 *MidRef* 크로싱이 되고나면 네거티브 크로싱이 측정되기 전 파형 데이터는 진폭의 10% 이상이 되어야 한다. Hysteresis는 노이즈 신호를 측정할 때 적합하다. 그 이유는 오실로스코프가 신호 상의 중요치 않은 파동을 무시하도록 해주기 때문이다.

MCross 계산

MCross1, MCross2, MCross3 — 각각 첫 번째, 두 번째, 그리고 세 번째 *MidRef* 교차 타임을 의미한다 (그림 B-1 참고).

크로싱의 극성은 변수들과 관계없지만, 크로싱은 다양한 극성을 가진다. 다시 말하면, *MCross1*은 포지티브 또는 네거티브 크로싱이 될 수 있지만, *MCross1*은 포지티브 크로싱이며, *MCross2*는 네거티브 크로싱이 된다.

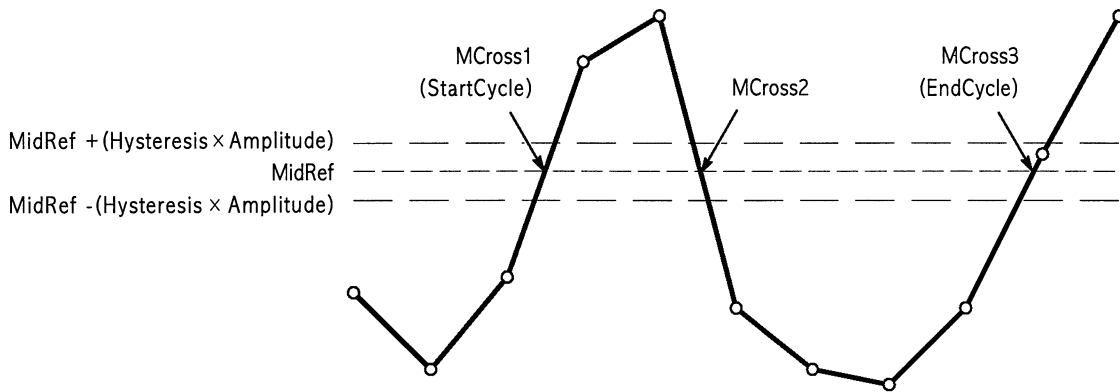


그림 B-1 MCross 계산

오실로스코프는 이 수치들을 다음과 같이 계산한다.

1. 파형 레코드 또는 게이트 지역에서 첫 번째 *MidRefCrossing*을 찾는다. 이것이 *MCross1*이다.
2. *MCross1*로부터 계속 진행하며, *MCross1*의 반대 극성의 파형 레코드 안에서 (또는 게이트 지역에서) 그 다음 *MidRefCrossing*을 찾는다. 이것이 *MCross2*이다.
3. *MCross2*에서, *MCross2*와 동일한 극성의 파형 레코드 안에서 (또는 게이트 지역에서) 그 다음 *MidRefCrossing*을 찾는다. 이것이 *MCross3*이다.

MCross1Polarity — 첫 번째 크로싱의 극성이다 (no default). 이는 상승 또는 하강이 될 수 있다.

StartCycle — 사이클 측정에서 시작 시간이다. 부동 소수점 번호로 수치는 0.0에서 (*RecordLength*-1.0) 까지이다.

$$StartCycle = MCross1$$

EndCycle — 사이클 측정에서 끝나는 시간이다. 부동 소수점 번호로 수치는 0.0에서 (*RecordLength*-1.0) 까지이다.

$$EndCycle = MCross3$$

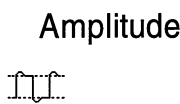
파형[< 0.0...*RecordLength*-1 .0 >] — 취득한 데이터를 홀드한다.

TPOS — 트리거 포인트(타임 베이스 제로 샘플) 바로 전의 샘플 위치. 다시 말하면 영역 기준 위치를 담고 있다. 위치는 *time*=0 인 지점이다.

TSOFF — *TPOS*와 실제 트리거 포인트 사이의 오프셋이다. 다시 말하면, 이는 트리거 샘플 오프셋이다. 수치는 0.0 과 1.0 샘플 사이다. 이 수치는 장치가 트리거를 수신할 때 결정된다. 측정 레코드 안의 실제 제로 기준 위치는 (*TPOS*+*TSOFF*)이다.

측정 알고리즘

자동 측정은 다음과 같이 정의되고 계산된다.



$Amplitude = High - Low$



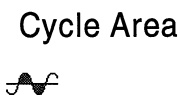
한 파형의 산술적 지역이다. 하나의 파형이 반드시 한 사이클이 아니라는 점을 유의한다. 사이클에 대한 데이터를 얻으려면, 산술적 범위보다 사이클 지역을 사용하는 것이 좋다.

$Start = End$ 이면 보간된 수치를 $Start$ 에서 리턴한다.

그렇지 않으면,

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

적분 알고리즘에 관한 자세한 사항은 B-15 쪽을 참고한다.



진폭 (전압) 측정. 한 파형 사이클의 지역. 사이클이 아닌 데이터를 얻으려면, Area 측정을 사용하는 것이 좋다.

$StartCycle = EndCycle$ 이면 수치를 $StartCycle$ 에서 리턴한다.

$$CycleMean = \int_{StartCycle}^{EndCycle} Waveform(t)dt$$

적분 알고리즘에 관한 자세한 사항은 B-15 쪽을 참고한다.

Burst Width

타이밍 측정. Burst의 지속 시간.

1. 파형에서 *MCross1*을 찾는다. 이것이 *MCrossStart*이다.
2. 마지막 *MCross*를 찾는다(*EndCycle*에서 탐색을 시작해서 *StartCycle*까지 탐색한다). 이것이 *MCrossStop*이다. 이 수치는 *MCross1*과는 다른 수치일 수 있다.
3. *BurstWidth* 계산 = *MCrossStop* - *MCrossStart*

Cycle Mean

진폭(전압) 측정. 파형 사이클의 평균치. Non-cyclical 데이터인 경우, Mean 측정을 사용하는 것이 더 나을 수 있다.

StartCycle = *EndCycle* 이면, 그 보관된 수치를 *StartCycle*에서 리턴한다.

$$CycleMean = \frac{\int_{StartCycle}^{EndCycle} Waveform(t)dt}{(EndCycle - StartCycle) \times SampleInterval}$$

적분 알고리즘에 관한 자세한 설명은 B-15 쪽을 참고한다.

Cycle RMS

한 사이클에 대한 Root Mean Square 전압이다.

StartCycle = *EndCycle* 이면, *CycleRMS* = *Waveform[Start]*가 된다.

그렇지 않으면,

$$CycleRMS = \sqrt{\frac{\int_{StartCycle}^{EndCycle} (Waveform(t))^2 dt}{(EndCycle - StartCycle) \times SampleInterval}}$$

적분 알고리즘에 관한 자세한 설명은 B-15 쪽을 참고한다.

Delay (지연)



타이밍 측정이다. 두 개의 다른 트레이스의 *MidRef*와 *Mid2Ref* 크로싱 사이(또는 같은 트레이스의 두 개의 다른 장소 사이)의 시간을 의미한다.

지연 측정은 실제로 한 그룹의 측정이다. 어떤 특정한 지연을 측정하려면, 표적 크로싱과 기준 크로싱 극성들 그리고 기준 탐색 방향을 정의해야 한다.

$Delay = \text{소스 파형상의 하나의 } MidRef \text{ 크로싱으로부터 두 번째 파형의 } Mid2Ref \text{ 크로싱까지의 시간.}$

Delay 는 Snapshot 디스플레이에서는 제공되지 않는다.

소광 속도 (Extinction Ratio)

광학 측정은 1에서 100 사이. 실제 회로에서 전형적인 소광 속도값은 8에서 30. ≤ 1 또는 ≥ 100 제너레이트 에러이다. 1 또는 100의 소광 속도는 문제가 있음을 나타낸다. 광학 프로브와 오실로스코프가 보정되어야 한다. 모든 입력은 마이크로 와트(watt)이며 음수여서는 안된다. 소광 속도는 크기가 없다.

$$Extinction Ratio = (High/Low)$$

$$Low \geq 1 \mu W$$

Extinction %

광학 측정

$$Extinction \% = 100.0/Extinction Ratio$$

Extinction dB

광학 측정. 전형적인 Extinction dB는 8에서 12 db이다. 이 범위를 벗어나려면 비광학 프로브로부터이거나 비통신 레이저로부터 입력을 할 수 있다.

$$Extinction dB = 10.0 (\log_{10}(Extinction Ratio))$$

Fall Time (하강 시간)



시간 측정이다. 펄스의 하강 에지가 *HighRef* 수치(디폴트 = 90%)에서 *LowRef* 수치(디폴트 = 10%)로 떨어질 때까지 걸리는 시간.

그림 B-2는 Fall 측정에 필요한 두 개의 크로싱이 있는 하강 에지를 보여준다.

1. *Start to End*에서 시작하여, *HighRef*보다 큰 첫 번째 샘플을 측정 zone에서 찾는다.
2. 이 샘플에서, *HighRef*의 첫 번째 (네거티브) 크로싱을 계속 찾아본다. 이 크로싱의 시간은 *THF*.(필요하면, 직선형 보간을 사용한다.)

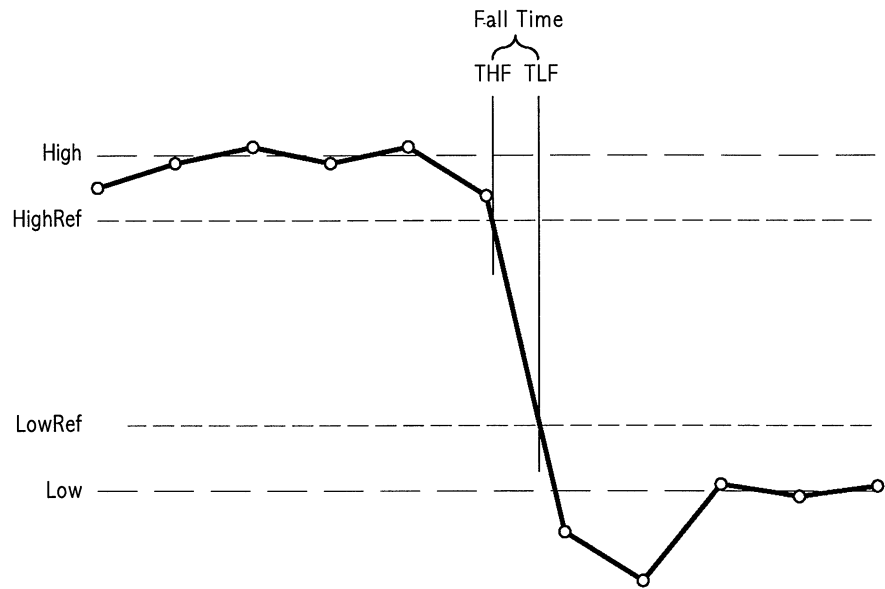


그림 B-2 하강 시간

3. *THF*에서, 계속 탐색을 하면서, *LowRef*의 크로싱을 찾는다. *HighRef* 크로싱이 더 발견되면 *THF*를 갱신한다. *LowRef* 크로싱이 발견되면 *TLF*가 된다.(필요하면 직선형 보간을 사용한다.)

4. $FallTime = TLF - THF$

Frequency 시간 측정이다. 주기의 역수이다. Hertz(Hz) 단위를 사용한다. 1 Hz = 1 cycle/ 초
 $Period = 0$ 또는 불량일 경우, 에러를 보낸다.

$$Frequency = 1/Period$$

High 100%(최고) 전압 기준 수치이다(B-1 쪽에서 *High*, *Low*를 참고).
 Min-Max 측정 기술을 사용하여

$$High = Max$$

	Low 0%(최저) 전압 기준 수치 계산(B-1 쪽의 <i>High,Low</i> 참고). Min-Max 측정 기술을 사용하여 $Low = Min$
	Maximum 진폭(전압) 측정. 최대 전압을 말한다. 일반적으로 가장 포지티브한 피크 전압. <i>Start</i>에서 <i>End</i>까지의 모든 파형 [] 샘플을 조사한 다음 <i>Max</i>를 최대 진폭의 <i>Waveform</i> [] 수치와 같은 값으로 설정한다.
	Mean 한 파형의 산술적 평균치이다. 한 파형이 반드시 한 사이클과 동일한 것은 아니다. 사이클 데이터를 원하면, 산술 평균치보다 사이클 평균치를 사용하는 것이 좋다. <i>Start</i> = <i>End</i>면 보간된 수치를 <i>Start</i>에서 리턴한다. 그렇지 않으면, $Mean = \frac{\int_{Start}^{End} Waveform(t)dt}{(End - Start) \times SampleInterval}$
	적분 알고리즘에 관한 자세한 설명은, B-15 쪽을 참고한다.
	MeandBm 표준 평균이다. 광학 프로브에서 파형 소스를 사용하면 평균 광학력을 나타낸다. $Mean \ dBm = 10.0(\log_{10}(Mean/0.001))$
	Minimum 진폭(전압) 측정. 최소 진폭이다. 일반적으로 가장 네거티브한 피크 전압이다. 샘플을 <i>Start</i>에서 <i>End</i>까지 모든 파형 [] 샘플을 조사하고 <i>Min</i>을 최소 진폭의 <i>Waveform</i> [] 수치와 같은 값으로 설정한다.

Negative Duty Cycle

시간 측정이다. 네거티브 펄스 폭과 신호 주기와의 비례를 퍼센티지로 표시한 것이다.

*NegativeWidth*는 아래 **Negative Width**에서 정의되었다.

Period = 0 또는 미확인이면 에러를 보낸다.

$$NegativeDutyCycle = NegativeWidth / Period \times 100\%$$

Negative Overshoot

진폭 (전압) 측정.

$$NegativeOvershoot = (Low - Min) / Amplitude \times 100\%$$

이 수치는 절대로 음수가 되어서는 안된다 (High 또는 Low가 범위 밖으로 설정된 경우 제외).

Negative Width

시간 측정이다. 네거티브 펄스의 MidRef(디폴트 = 50%) 진폭 포인트 사이의 거리.

$$MCrossPolarity = '-'$$

그러면,

$$NegativeWidth = (MCross2 - MCross1)$$

그렇지 않으면,

$$NegativeWidth = (MCross3 - MCross2)$$

$$Waveform \{Start\}$$

Optical Power

B-10 쪽의 “Mean dBm”을 참고한다.

Peak to Peak

진폭 측정이다. 최대와 최소 진폭 사이의 절대 차이를 말한다.

$$PeakttoPeak = Max - Min$$

Period 	시간 측정이다. 한 신호 사이클을 완료하는 데 걸리는 시간이다. 주파수의 역수이며 초로 표시된다.
	$Period = MCross3 - MCross1$
Phase(위상) 	타이밍 측정. 위상 변이의 양이 두 개 다른 파형들의 <i>MidRef</i> 크로싱 사이에서 목적 파형 사이클의 각도로 표시된다. 측정된 파형은 같은 주파수 또는 한 파형은 다른 파형과 조파 관계여야 한다.
	Phase는 이중 파형 측정이다. 다시 말하면, 목적 파형에서 표준 파형까지 켜다. 특정 위상 측정을 하려면, 목적과 기준 소스를 지정해야 한다.
	Phase는 다음과 같은 같은 방식으로 결정된다.
	1. 소스(목적) 타겟 안의 첫 번째 <i>MidRefCrossing(MCross1Target)</i>과 세 번째 (<i>MCross3</i>)를 찾는다. 2. 목적 파형의 주기를 계산한다(위 <i>Period</i>를 참고). 3. 목적 파형의 <i>MCross1Target</i>과 같은 방향(극성)으로 크로싱하는 표준 파형 안의 첫 번째 <i>MidRefCrossing(MCross1Ref)</i>을 찾는다. 4. 위상은 다음과 같이 결정된다.
	$Phase = (MCross1Ref - MCross1Target) / Period \times 360$
	만약에 목적 파형이 표준 파형을 앞서면 위상은 포지티브이다. 만약에 뒤로 처지면 네거티브가 된다.
	위상은 Snapshot 디스플레이에서는 제공되지 않는다.

Positive Duty Cycle

시간 측정이다. 포지티브 펄스 폭과 신호 주기와 비례하면 퍼센티지로 표시된다.

PositiveWidth 는 아래 **Positive Width** 에서 정의되었다.

Period = 0 또는 미확인이면 에러를 보낸다.

$$PositiveDutyCycle = PositiveWidth / Period \times 100\%$$

Positive Overshoot

진폭 (전압) 측정.

$$PositiveOvershoot = (Max - High) / Amplitude \times 100\%$$

이 수치는 절대로 네거티브가 되어서는 안된다.

Positive Width

시간 측정. 포지티브 펄스의 *MidRef* (디폴트 = 50%) 진폭 포인트 사이의 거리 (시간).

MCross1Polarity = '+' 이면

$$PositiveWidth = (MCross2 - MCross1)$$

그렇지 않으면

$$PositiveWidth = (MCross3 - MCross2)$$

**Rise Time
(상승 시간)**

시간 측정이다. 펄스의 리딩 에지가 *LowRef* 수치 (디폴트 = 10%) 에서 *HighRef* 수치 (디폴트 = 90%) 로 상승할 때까지 걸리는 시간.

그림 B-3 은 Rise Time 계산에 필요한 두 크로싱의 상승 에지를 보여준다.

1. *Start* 에서 *End* 까지 탐색하여, *LowRef* 보다 작은 첫 번째 샘플을 측정 zone 에서 찾는다.
2. 이 샘플에서, *LowRef* 의 첫 번째 (포지티브) 크로싱을 찾는 탐색을 계속한다. 이 크로싱의 시간은 낮은 상승 시간 혹은 *TLR* 이다 (필요하면, 직선형 보간을 사용).

3. *TLR* 에서, *HighRef* 의 크로싱을 찾는 탐색을 계속한다. *LowRef* 가 더 발견되면 *TLR* 을 갱신한다. *HighRef* 크로싱이 발견되면, 이는 높은 상승 시간이 혹은 *THR* 이 된다 (필요하면, 직선형 보간을 사용).
4. 상승시간 = *THR* - *TLR*

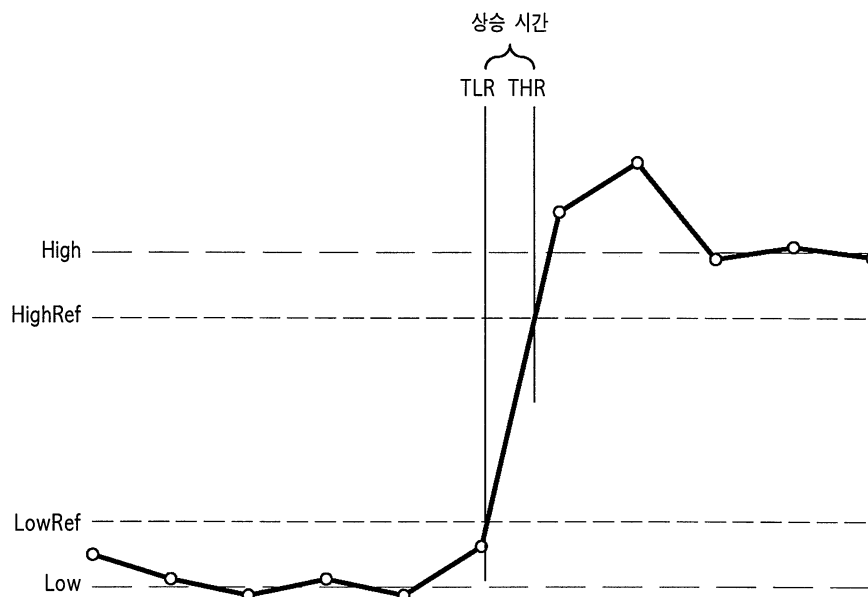


그림 B-3 상승 시간

RMS: 진폭 (전압) 측정. Root Mean Square 전압.



Start = *End* 면 $RMS = \text{Waveform} [Start]$ 에서 보간된 수치.

그렇지 않으면,

$$RMS = \sqrt{\frac{\int_{Start}^{End} (\text{Waveform}(t))^2 dt}{(End - Start) \times SampleInterval}}$$

적분 알고리즘에 관한 자세한 사항은 다음을 참고한다.

적분 알고리즘

오실로스코프에서 사용되는 적분 알고리즘은 다음과 같다.

$$\int_A^B W(t)dt \text{ 는 } \int_A^B \hat{W}(t)dt \text{ 에 의한 근사치이다.}$$

$W(t)$ 는 샘플된 파형

$\hat{W}$ 는 $W(t)$ 의 직선형 보간에 의하여 얻어진 지속적 기능이다.

A 와 B 는 0.0과 $RecordLength-1.0$ 사이의 번호다.

A 와 B 가 정수면

$$\int_A^B \hat{W}(t)dt = s \times \sum_{i=A}^{B-1} \frac{W(i) + W(i+1)}{2}$$

S 는 샘플 간격이다.

마찬가지로,

$$\int_A^B (W(t))^2 dt \text{ 는 } \int_A^B (\hat{W}(t))^2 dt \text{ 에 의한 근사치이다.}$$

$W(t)$ 는 샘플된 파형.

$\hat{W}$ 는 $W(t)$ 의 직선형 보간에 의하여 얻어진 지속적 기능이다.

A 와 B 는 0.0과 $RecordLength-1.0$ 사이의 번호다.

A 와 B 가 정수면

$$\int_A^B (\hat{W}(t))^2 dt = s \times \sum_{i=A}^{B-1} \frac{(W(i))^2 + W(i) \times W(i+1) + (W(i+1))^2}{3}$$

S 는 샘플 간격이다.

엔벨로프 파형상의 측정

엔벨로프 파형상의 측정 엔벨로프 파형상의 타이밍 측정은 다른 파형상의 타이밍 측정은 다르게 취급되어야 한다. 그 이유는, 엔벨로프 파형에는 다량의 명확한 크로싱이 들어있기 때문이다. 특기 사항이 없는 한, 엔벨로프 파형은 다음 방식으로 최소 또는 최대 (둘 다는 사용하지 않음)를 결정하여 사용한다.

1. 샘플 min.max 쌍이 *MidRef*에 걸쳐있지 않을 때까지 *Start*에서 *End*까지 단계적으로 파형을 실행한다.

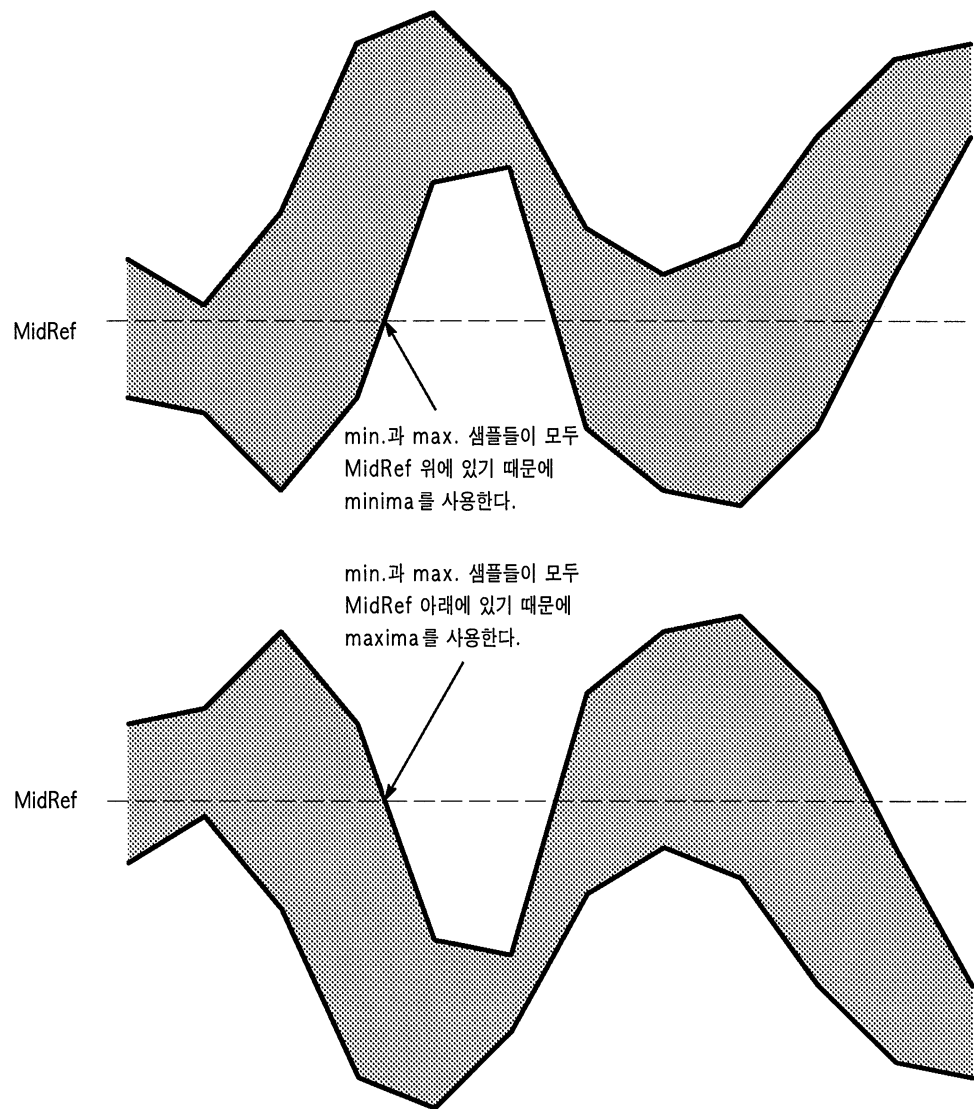


그림 B-4 엔벨로프 측정에 사용할 Minima와 Maxima 선택

2. $Pair > MidRef$ 이면, *minima* 를 사용하고 아니면 *maxima* 를 사용한다.

모든 쌍들이 *MidRef*에 걸쳐지면 *maxima* 를 사용한다 (그림 B-4 참고).

Burst Width 측정을 할 때는 항상 *maxima* 와 *minima* 를 둘 다 사용하여 크로싱을 결정한다.

없어진 샘플 또는 범위를 벗어난 샘플

만약에 파형 안의 샘플들이 없어졌거나 스케일을 벗어났을 경우에는, 오실로스코프는 있는 샘플들 사이를 직선으로 보간하여 적절한 추측을 함으로써 샘플의 수치를 계산한다. 측정 레코드 양끝에서 없어진 샘플들은 가장 가까운 샘플의 수치를 갖고 있는 것으로 처리된다.

샘플들이 범위를 벗어났으면, 측정 범위를 약간 확대할 수 있는 경우 경고가 나온다 (예를 들어서 “CLIPPING”). 샘플들이 오버드라이브 상태에서 곧 회복될 것이라고 알고리즘은 추정한다.

예를 들어서, *MidRef*가 직접 설정되었을 경우, 샘플들이 범위를 벗어나도 *MidRef*는 바뀌지 않는다. 하지만, Measure 메뉴의 **Set Levels in % Units**에서 %를 사용하여 *MidRef*를 선택했다면, *MidRef*는 “CLIPPING”이라는 경고를 줄 수 있다.

주 스냅샷을 사용하여 측정을 디스플레이할 때는, 범위 초과 경고가 나오지 않는다. 하지만, 스냅샷에 나온 측정이 의심이 가면, 측정을 개별적으로 선택하고 디스플레이한 다음 경고 메시지를 체크할 수 있다.

부록 C: 선적 포장

TDS 오실로스코프를 선적하려면 오리지널 카톤에 포장을 하도록 한다. 오리지널 카톤이 없으면, 다음과 같은 방법으로 기기를 포장한다.

1. 실제 오실로스코프보다 높이, 폭, 그리고 깊이가 최소한 15cm(6in)가 더 깊은 골판지 박스를 구한다. 선적 카톤은 강동 170kg(375 파운드)의 카드보드여야 한다.
2. 오실로스코프를 정비하기 위하여 Tektronix 필드 오피스에 직접 보낼 경우에는, 오실로스코프에 꼬리표를 붙여서 발송자의 이름과 주소, 연락처, 오실로스코프의 타입과 시리얼번호를 적어야 한다.
3. 오실로스코프를 폴리에틸렌 또는 동일한 재료로 싸서 기기를 보호한다.
4. 박스 둘레에 포장용 폼(foam)을 단단히 넣어서 오실로스코프의 충격을 방지한다. 위, 아래를 포함한 모든 방향에 약 7.5cm(3in) 두께로 폼을 넣는다.
5. 포장용 테이프로 포장 박스를 밀봉한다.

주 디스크를 디스크 드라이브에 끼운채로 포장하지 말 것. 디스크가 드라이브 안에 있으면, 디스크 릴리스 단추가 튀어나오게 된다. 결과적으로 이 단추가 파손되기 쉽다.

부록 D: 프로브 선택

TDS 오실로스코프는 여러 종류의 Tektronix 프로브들을 사용하여 각종 측정을 한다. 사용자가 어떤 프로브가 필요한지 결정하는 데 도움이 되기 위하여 이 단원에서는 크게 5가지 종류의 프로브를 소개한다. 즉, Passive, Active, Current, Optical, Time-to-Voltage 프로브. 부록 A: “옵션과 액세서리”를 참고하여 제공되는 프로브 옵션을 참고. 각 프로브에 관한 자세한 설명은 Tektronix 제품 카탈로그에 나와 있다.

주 Tektronix는 특정 TDS 모델들과 함께 범용 프로브를 표준 액세서리로 제공한다. (그 범용 프로브의 모델이나 번호는 모델에 따라 다르다. A-4 쪽의 표 A-2(프로브) 참고.) TDS 580D, TDS 680B, TDS 684B, TDS 784D 그리고 TDS 794D 오실로스코프는 프로브가 없이 배송된다. 일반 측정을 할 때와 이 모델들의 대역폭 기능을 활용하려면, P6245, P6217 또는 P6158 Probe를 추천한다. 이 프로브들은 이 모델들의 높은 진폭을 이용할 수 있다.

패시브 전압 프로브

패시브 전압 프로브는 전압을 측정한다. 이 프로브는 저항장치, 컨덴서, 유도자와 같은 패시브 회로 부품들을 사용한다. 패시브 전압 프로브에는 다음 3가지 종류가 있다.

- 범용 (고 수신저항)
- 저 임피던스 (Z_0)
- 고전압

범용 (고 수신저항) 프로브

고 수신저항 프로브는 “전형적인” 오실로스코프용 프로브다. 패시브 프로브의 고 수신저항은(일반적으로 $10M\Omega$)은 무시해도 좋은 DC 부하를 제공하기 때문에 정확한 DC 진폭을 측정하기에 좋은 선택이다. 거의 모든 패시브 프로브가 $1M\Omega$ 의 오실로스코프 입력 임피던스를 요구한다는 것을 유의한다. TDS 794D에서는 50Ω 이며 이 프로브들과는 맞지 않다.

하지만, 탑재된 8pF에서 12pF(1X 용은 60pF 이상)까지의 전기용량 부하는 타이밍과 위상 측정을 일그러지게 할 수 있다. 다음과 같은 경우에 고 수신저항 패시브 프로브를 사용한다.

- 디바이스 특성화(15V 이상, 열 드리프트 적용)
- 1X 고 임피던스를 사용하는 최대 진폭 민감도
- 큰 전압범위(15에서 500V)
- Qualitative 또는 go/no-go 측정

저 임피던스(Z_o) 프로브

저 임피던스 프로브는 범용 프로브보다 주파수를 더욱 정확히 재지만, 진폭 측정은 덜 정확하다. 이 프로브는 대역폭 대 코스트 비례가 높다.

이 프로브는 50 Ω 스코브 입력에서 반드시 중단되어야 한다. 이 프로브의 입력 커패시턴스는 high Z passive 프로브보다 훨씬 더 낮지만 (일반적으로 1pF) 입력 저항도 더 낮다(500에서 500 Ω). DC 부하가 진폭 정확도를 저하시키긴 하지만, 낮은 입력 커패시턴스는 테스트 상에 있는 회로로 들어가는 고주파 부하를 감소해준다. 따라서 Z_o 프로브는 진폭 정밀성이 절대적 중요 사항이 아닌 경우에는 타이밍과 위상 측정에 이상적이다.

Z_o 프로브는 40V까지 측정하는 데 좋다.

고전압 프로브

고전압 프로브는 감쇠 계수가 100X에서 1000X까지이다. 패시브 프로브에 적용되는 고려 사항들은 고전압 프로브에도 몇가지를 제외하고는 똑같이 적용된다. 고전압 프로브의 전압 범위가 1kV에서 20kV(DC+peak AC)이지만, 프로브 헤드 디자인은 패시브 프로브보다 기계적으로 훨씬 크다. 고전압 프로브는 입력 커패시턴스가 낮다는 (일반적으로, 2-3pF) 장점을 추가로 갖고 있다.

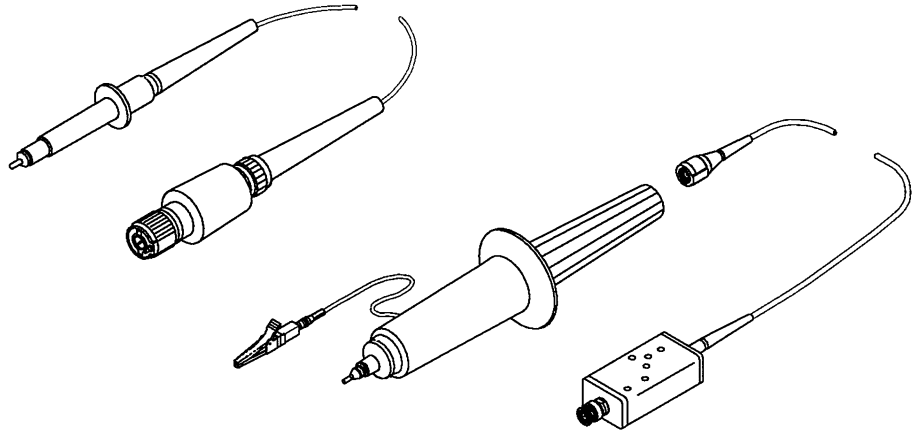


그림 D-1 전형적인 고전압 프로브

액티브 전압 프로브

“FET”라고 불리기도 하고 액티브 전압 프로브는 트랜지스터와 같은 액티브 회로를 사용한다. 액티브 프로브에는 다음 세가지 종류가 있다.

- 고속 액티브
- 차동 액티브
- 고정 액티브

액티브 전압 측정 프로브는 액티브 회로를 사용하여 테스트를 하고 있는 회로로부터 신호를 수신하여 처리한다. 모든 액티브 프로브는 작동이 되려면 전원 소스가 있어야 한다. 전원은 외부에서 공급할 수 있고 또, 오실로스코프 자체에서도 공급할 수 있다.

주 액티브 프로브를 오실로스코프에 (예를 들어 P6245) 연결할 때, 오실로스코프의 입력 임피던스는 자동으로 50Ω 가 된다. 그 후 패시브 프로브를 연결할 때, 입력 임피던스를 $1M\Omega$ 로 다시 설정해야 한다. 3-16 쪽의 “수직 스케일과 위치 변경”에 입력 임피던스를 바꾸는 방법에 대한 설명이 나와 있다. 3-8 쪽의 “입력 임피던스”를 보면 더 자세한 설명이 나와 있다.

고속 액티브 프로브

액티브 프로브는 패시브 프로브가 제공하는 높은 입력 저항($10\text{k}\Omega$ 에서 $10\text{M}\Omega$)을 유지하면서 저 입력 커패시턴스를 제공한다(1에서 2pF). Z_0 프로브와 마찬가지로 액티브 프로브들은 정확한 타이밍과 위상 측정을 하는 데 적합하다. 하지만, 진폭 정밀성을 저하시키지 않는다. 액티브 프로브는 일반적으로 ± 8 에서 $\pm 15\text{V}$ 까지의 다이내믹 범위를 갖고 있다.

미분 프로브

미분 프로브는 테스트 대상 회로 안의 두 포인트 사이의 전압 하강을 관측한다. 미분 프로브는 두 포인트를 동시 측정을 가능하게 해주고 또한 두 전압 사이의 차이를 디스플레이 해준다.

액티브 미분 프로브는 독립형으로서 50Ω 입력과 함께 사용할 수 있다. 액티브 프로브에 적용되는 특성들이 미분 프로브에 똑같이 적용된다.

고정 액티브 프로브

표면 마운트된 디바이스(SMD)와 같이 소형이 기하학적 또는 고밀도 회로에 사용할 때 손에 쥐는 프로브는 크기 때문에 비실용적이다. 그 대신 고정된 (또는 프로브 카드 장착된) 액티브 프로브 (또는 버퍼된 증폭기)를 사용하여 기기를 테스트할 기기에 정확하게 연결할 수 있다. 이 프로브들은 고속도, 액티브 프로브와 동일한 전기 특성들을 갖고 있지만 크기가 더 작다.

전류 프로브

전류 프로브는 전압 신호와 매우 다른 전류 파형을 직접적으로 관찰하고 측정할 수 있도록 해준다. Tektronix 전류 프로브는 DC에서부터 1GHz 까지 측정할 수 있다는 점에서 특이하다.

두 가지 종류의 전류 프로브가 있다. AC 전류만 측정하는 것이 있고, Hall 효과를 사용하여 신호의 AC와 DC 컴포넌트를 정확히 측정하는 AC/DC 프로브가 있다. AC-only 전류 프로브는 변압기를 사용하여 AC 전류를 전압 신호로 바꾸어 오실로스코프에 보내며 몇백 헤르츠에서 최고 1GHz 까지의 주파수 반응을 갖고 있다. AC/DC 전류 프로브는 Hall 효과 반도체 디바이스를 갖고 있고 DC에서 100MHz 까지의 주파수 응답을 제공한다.

측정하고자 하는 전류를 전달하고 있는 와이어 주위의 턱을 클리핑함으로써 전류 프로브를 사용한다. (회로와 반드시 직렬로 연결해야 하는 전류계와는 다르다.) 전류 프로브는 일반적으로 milliohm 에서 저 Ω 범위로 부하되면 비침해적이기 때문에, 회로의 부하가 특히 낮아야 하는 경우 적합하다. 전류 프로브는 또한 프로브 턱 안의 두 개의 전도체 안의 두 개의 상대적인 전류의 결과를 측정함으로써 미분 측정을 할 수 있다.

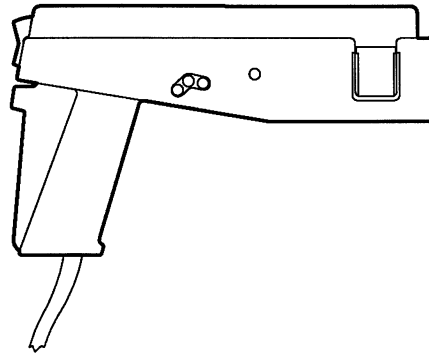


그림 D-2 AM 503S Opt.03에서 사용되는 A6303 전류 프로브

주 입력 채널에 장착된 3 개 이상의 TCP202 프로브를 사용하여 40 암페어가 넘는 in-phase 전류(DC+AC 피크)를 측정하면, 측정 오류나 디스플레이 오류가 생긴다.

옵티컬 프로브

옵티컬 프로브는 옵티컬 전원 미터의 기능을 오실로스코프의 고속 아날로그 파형 분석 기능과 접목시킨다. 사용자는 옵티컬과 전자 신호를 동시에 포착, 디스플레이, 그리고 분석할 수 있다.

옵티컬 프로브는 레이저, LED, electro-optic 변조기, 섬광 등의 트랜션트 옵티컬 특성을 측정하는 데 쓰인다. 또한, 광섬유 제어 통신망, LAN, FDDI와 SONET 표준 옵티컬 디스크 디바이스에 기준한 fiber-based 시스템, 그리고 고속 광섬유 통신 시스템의 개발, 정비에 이 옵티컬 프로브가 사용될 수 있다.

주 TEKPROBE(레벨 2) 인터페이스가 탑재된 프로브를 오실로스코프와 연결할 때는, 오실로스코프의 입력 임피던스는 자동으로 50Ω 가 된다. 그 다음에 고 입력 임피던스 패시브 프로브를 연결하면, 사용자는 입력 임피던스를 다시 $1M\Omega$ 로 설정해야 한다. 3-18쪽에 “수직 매개변수 변경”에서 입력 임피던스를 변경하는 방법에 대해 설명하고 있다.

부록 E: 검사와 클리닝

TDS 오실로스코프 외부에 먼지가 끼었는지, 파손이 되었는지를 검사하고 닦아주어야 한다. 이러한 검사를 주기적으로 해주면, 오실로스코프의 고장을 예방할 수 있고 안정성도 높여준다.

예방 정비의 빈도는 오실로스코프의 사용환경에 달려있다. 예방 정비에 적절한 시기는 오실로스코프를 조정하기 바로 전이다.

일반정비

캐비닛은 오실로스코프에 먼지가 끼지 않게 해주기 때문에 오실로스코프를 사용할 때는 항상 제 위치에 캐비닛이 설치되어 있어야 한다. 오실로스코프의 전면 커버는 전면 패널과 디스플레이를 먼지나 파손에서 보호해준다. 오실로스코프를 보관할 때나 이동할 때는 반드시 커버를 덮는다.

검사와 클리닝 절차

오실로스코프의 외부를 자주 검사하고 닦아주어야 한다.

내부를 클리닝할 필요가 있을 때는 전문 수리센터에 보낸다. 내부에 축적된 먼지는 과열이 되고 고장이 나는 원인이 된다. 먼지는 일종의 열을 보호하는 담요 역할을 하기 때문에 열의 분산을 방지한다. 먼지는 또한 전기 도체 경로의 역할을 하기 때문에 특히 습도가 많은 환경에서는 오실로스코프가 고장나기 쉽다.



주의 화학 세제 사용을 삼가할 것. 오실로스코프 외부에 사용한 플라스틱 재료를 상하게 할 수 있다. 메뉴 단추를 닦을 때 또는 프론트 패널 단추를 닦을 때는 오직 탈이온수만을 사용한다. 클리닝 용액으로 75% 이소프로필 알코올을 사용하고 탈이온수로 린스를 한다. 다른 종류의 클리너를 사용하기 전에 Tektronix 서비스 센터에 문의한다.

검사 표 E-1 을 가이드 삼아, 오실로스코프의 외부가 파손, 마모가 되었는지 또는 부품이 분실된 것이 있는지 검사한다. 오실로스코프를 떨어뜨렸을 경우는 반드시 체크를 하여 제대로 작동이 되는지를 확인해야 한다. 결함이 있으면 즉시 수리하도록 한다. 아니면, 사용자의 신체 상해를 초래하거나 오실로스코프가 더 파손될 수 있다.

표 E-1 외부 검사 목록

항목	조사대상	수리
캐비닛, 프론트 패널 및 커버	틈, 흠집, 변형, 파손된 하드웨어 또는 가스킷	수리 센터로 보낸다.
프론트 패널 노브	분실된, 파손된 또는 느슨한 노브	수리 센터로 보낸다.
운반 핸들, 손잡이, 캐비닛 다리	성능 검사	수리 센터로 보낸다.

클리닝 절차-외부

오실로스코프의 외부를 클리닝하려면, 다음과 같이 한다.

1. 오실로스코프 밖의 먼지를 보풀이 안 나는 천으로 닦는다.
2. 일반용도 세제 - 물 희석 용액에 적신 보풀이 안 나는 천으로 나머지 팩 같은 것을 닦는다. 연마성 세제를 사용하지 말 것.
3. 모니터 화면을 보호하는 라이트 필터를 보풀이 안 나는 천으로 이소프로필 알코올이나 약한 세제 - 물 희석 용액에 적셔서 닦는다.



주 외부를 닦을 때 물이 안에 들어가지 않도록 하려면, 물을 약간만 적셔서 닦는다.

윤활 오실로스코프를 주기적으로 윤활할 필요가 없다.

부록 F: 프로그래머 디스크

TDS 시리즈 프로그래머 디스크는 Microsoft Windows 도움말 파일로 범용 인터페이스 버스 (GPIB)(일부 오실로스코프에만 선택품목으로 제공)를 사용하여 오실로스코프를 작동하는 방법을 설명한다.

이 프로그램은 Microsoft Windows나 Windows 95와 호환할 수 있는 시스템에서 사용할 수 있다(그림 F-1 참고).

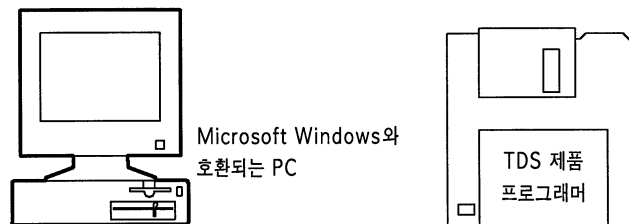


그림 F-1 Example 프로그램 실행에 필요한 장치

프로그램 올리기

TDS 시리즈 프로그래머 설명서 디스크에 있는 프로그래머와 다른 소프트웨어를 설치하려면 디스크에 있는 리드미 파일을 읽어 본다.

도움말 프로그램 실행

Windows 3.1을 사용하여 프로그래머 설명서 도움말 파일을 실행하려면, 다음 절차대로 한다.

1. TDS 제품 프로그래머의 프로그램 그룹을 마우스로 두 번 누른다.
2. TDS 제품 프로그래머 아이콘을 두 번 누른다.

프로그램 그룹이나 Windows 95 단축키를 만들지 않았으면 파일 관리자 (Windows 3.1)나 탐색기 (Windows 95)에서 tds-pgm.hlp 프로그램을 선택하여 실행한다.

어

010

용어

2+2 채널 오퍼레이션

2+2 채널 오퍼레이션은 동시 채널 디스플레이를 2개(4개 채널 중)로 제한한다. 디스플레이 되지 않은 채널들은 트리거링 신호를 오실로스코프에 결합하는 데 사용된다.

AC ~

AC

커플링 신호 전송의 한 종류로서 신호의 DC 컴포넌트를 저지하지만, 다이내믹 (AC) 컴포넌트를 사용한다. 보통 DC 신호를 라이딩하는 AC 신호를 관측하는 데 사용된다.



AND

불 (Boolean) 논리 기능의 하나로 모든 입력들이 참 (true) 일 때만 참 (true) 이 된다. 오실로스코프 상에서 트리거 논리 패턴이며 또한 스테이트 기능이다.



Area

전체 파형에서 또는 게이트된 지역을 상대로 측정된 파형의 면적. Volt-seconds로 표시된다. 그라운드 위는 포지티브이고 아래는 네거티브이다.

Autoset

오실로스코프가 실효 크기의 안정된 파형을 자동으로 생성할 수 있도록 해주는 기능. Autoset은 액티브 파형의 특성에 기준하여 프론트 패널 조정을 설정한다. Autoset은 volts/div, time/div, 그리고 트리거 레벨을 설정하여 안정된 파형을 디스플레이한다.

DC

DC 커플링

AC와 DC 신호 컴포넌트를 둘 다 통과하여 회로로 가는 모드. 트리거 시스템과 수직 시스템에 사용된다.

DPO 획득 모드

파형의 포착 속도를 초당 200,000 파형까지 증가시켜준다. 이 빠른 포착 속도는 런트와 글리치 및 다른 단기간 변화가 파형 메모리에 축적되는 확률을 크게 증가시킨다. 다음, 오실로스코프는 가변적 또는 무한 간상을 사용하여 파형을 정상 속도로 디스플레이한다. 이 디스플레이 모드는 아날로그 오실로스코프의 디스플레이 효과를 낸다.

	Extinction Ratio 고광학력 저광학력으로의 비율 (속도)
	Glitch either trigger 오실로스코프가 지정 글리치 시간보다 짧은 포지티브 또는 네거티브 스파이크 폭을 측정하면 트리거가 발생한다.
	Glitch negative trigger 오실로스코프가 지정 글리치 시간보다 짧은 네거티브 스파이크 폭을 측정하면 트리거가 발생한다.
 	Glitch positive trigger 오실로스코프가 지정 글리치 시간보다 짧은 포지티브 스파이크 폭을 측정하면 트리거가 발생한다.
	GPIB(General Purpose Interface Bus) 네트워크상의 여러 기기들을 컨트롤러의 제어를 받을 수 있도록 연결해주는 상호연결 버스와 프로토콜. IEEE 488 버스라고도 부른다. 3개 수평 데이터 라인과, 5개의 컨트롤 라인, 그리고 3개의 핸드 셰이크 라인으로 데이터를 전송한다.
	Hi Res 획득 모드 TDS 500D와 TDS 700D 모델에만 적용: 오실로스코프는 포착 간격(interval) 중에 추출한 모든 샘플들을 평균화하여 레코드 포인트를 만든다. 이러한 평균은 더 높은 해상도를 가진 더 낮은 대역폭의 파형을 만들어낸다. 이 모드는 오직 실시간, non-interpolated 샘플링에서만 작동한다.
	High 자동 측정에서 100%로 사용된 수치(하강 또는 상승 시간 측정에서 high ref, mid ref, low ref 수치들이 필요할 때). Min/Max 또는 히스토그램을 사용하여 계산될 수 있다. Min/Max 방법에서 (일반 파형에서 가장 적합) 최대 수치가 된다. Histogram에서는 (펄스에서 가장 적합) 중간 포인트 위에서 발견된 가장 보편적인 수치를 말한다. 부록 B: 알고리즘을 참고한다.



Low

자동 측정에서 0%로 사용한 수치(하강 시간과 상승 시간 측정에서 high ref, mid ref, 그리고 low ref 수치가 필요할 때). Min/Max 또는 히스토그램 방법을 사용하여 계산할 수도 있다. Min/Max 방법을 사용할 때(일반 파형에서 가장 널리 쓰임), Low는 최저치가 된다. Histogram을 사용할 때는(펄스에서 가장 널리 쓰임), 중간 포인트 아래에서 발견되는 가장 공통적 수치를 말한다. 부록 B: 알고리즘 참고.



Maximum

최대 진폭의 진폭(전압) 측정. 일반적으로 가장 포지티브한 피크 전압.



Mean

전체 파형의 산술적 평균치의 진폭(전압) 측정.



Minimum

최저 진폭의 전압 측정. 일반적으로 대부분의 네거티브 피크 전압.



NAND

AND 기능의 출력이 보완되는(true가 되고,false가 되는) 불 논리 기능. 오실로스코프 상에서 NAND는 트리거 로직 패턴과 스테이트 기능이다.



NOR

OR 기능의 출력이 보완되는(true가 false가 되고,false가 true가 되는) 불 논리 기능. 오실로스코프 상에서, NOR은 트리거 로직 패턴과 스테이트 기능이다.



OR

어떤 입력이든지 true이면 출력이 true인 불 논리 기능. 그렇지 않으면,출력은 false이다. 오실로스코프 상에서,OR은 트리거 로직 패턴과 스테이트 기능이다.



Peak-to-Peak

최대 및 최저 진폭 사이의 절대 차이의 진폭(전압) 측정.

Posttrigger

트리거 이벤트 후에 포착된 데이터를 포함한 파형 레코드의 특정 부분.

Pretrigger

트리거 이벤트 전에 포착된 데이터를 포함한 파형 레코드의 특정 부분.

Quantizing

샘플된 아날로그 입력 (예를 들어 '전압') 을 디지털 수치로 변환하는 프로세스.



RMS

True Root Mean Square 전압의 진폭 (전압) 측정.

Tek Secure

이 기능은 모든 파형과 설정 메모리 위치 (설정 메모리는 공장 설정으로 대체됨) 를 지운다. 다음, 각 위치를 체크하여 지워졌는가를 확인한다. 이 기능을 이용하여 오실로스코프가 어디서 보안상의 데이터 (예를 들어, 연구개발 프로젝트용) 를 수집했는가를 알아볼 수 있다.



XY 포맷

두 개 파형 레코드의 전압 레벨을 포인트 단위로 비교하는 디스플레이 포맷. 두 개 파형 사이의 위상 관계를 검토하는 데 사용한다.

XYZ 형식

XY 형식과 마찬가지로 포인트 별로 두 파형 레코드의 전압 수준을 비교하는 표시 형식. 표시된 파형 휘도는 CH3 (Z) 파형 레코드에 의해 변조된다.



YT 포맷

흔히 사용되는 오실로스코프 디스플레이 포맷. 파형 레코드의 전압이 수평 축에서 변하는 모습을 보여준다.

Zip 드라이브

Centronix 포트에 연결하는 선택적인 외부 디스크 드라이브. 파형, 획득, 이미지 막대 그래프, 설정 및 하드카피를 연결된 Iomega Zip 드라이브에 저장하고 호출할 수 있다.



감쇠 (Attenuation)

프로브 또는 감쇠와 같은 디바이스를 통과할 때 신호의 진폭이 감소되는 정도. 즉, 입력 측정과 출력 측정과의 비례. 예를 들어, 10X 프로브는 신호의 입력 전압을 10 이라는 계수로 감소한다.

게이트 측정

자동화된 측정을 파형의 지정된 부분으로 제한할 수 있도록 해주는 기능. 수직 커서들을 사용하여 제한 부분을 정의한다.

계수판

수평과 수직 축을 만드는 화면상의 격자를 말한다. 계수만을 사용하여 파형 파라미터를 시각적으로 측정할 수 있다.

GND**그라운드 (GND) 커플링**

수신 신호를 수직 시스템으로부터 단절하는 커플링 옵션.

기준 메모리

파형이나 세팅을 저장하는 데 사용되는 오실로스코프 안의 메모리. 저장된 데이터를 나중에 사용할 수 있다. 오실로스코프를 TUNE OFF하거나 플러그를 빼도 그 데이터는 그대로 저장되어 있다.

**네거티브 듀티 사이클**

네거티브 펄스 폭과 시그널 주기와의 비율을 나타내는 시간 측정으로서 퍼센티지로 나타낸다.

**네거티브 오버슈트 측정**

진폭 (전압) 측정. $\text{NegativeOvershoot} = (\text{Low} - \text{Min}) / \text{Amplitude} \times 100\%$

**네거티브 폭**

네거티브 펄스 상에서 두 진폭 포인트 (하강 에지 MidRef (디폴트 50%) 와 상승 에지 MidRef (디폴트 50%)) 사이 거리 (시간) 의 시간적 측정.

노브

돌리는 손잡이

**대역폭**

오실로스코프가 원에 (기준) 신호의 3dB(x.707) 감쇠 이하로 포착할 수 있는 가장 높은 주파의 신호.

등가시간 샘플링 (ET)

TDS 500D와 TDS 700D 모델에만 적용: 한 이벤트가 계속 반복될 때 신호를 포착하는 샘플링 모드. TDS 500D와 TDS 700D 오실로스코프는 random equivalent time sampling이라고 불리는 등가시간 방법을 사용한다. 이 방법은 수신 신호와 신호 트리거와 비동기적으로 작용하는 외부 클록을 사용한다. 오실로스코프는 트리거 위치와는 상관없이 지속적으로 샘플링을 하고 샘플과 트리거 사이의 시간 차이에 기준하여 디스플레이한다. 샘플들은 시간상으로는 순차적으로 추출되지만 트리거에 기준할 때는 무작위로 추출된다.

디스플레이 시스템

파형, 측정, 메뉴 항목, 상태 및 그 밖의 파라미터를 보여주는 오실로스코프의 일부 분.

디지털 타이징

파형과 같은 지속적 아날로그 신호를 특정 포인트에서 시그널의 진폭을 표시하는 독립된 숫자들의 세트로 전환하는 과정. 디지털 타이징은 두 가지 단계로 구성되었다. 샘플링과 양자화 (quantizing).



런트 트리거

오실로스코프가 런트에서 트리거되는 모드. 런트는 하나의 임계치를 교차하지만 첫 번째 것을 다시 교차하기 전에 두 번째 임계치 통과를 실패하는 펄스를 말한다. 그 크기는 포지티브, 네거티브 또는 양쪽 다일 수 있다.

레코드 길이

파형 안의 특정 샘플 수.



로직 스테이트 트리거

오실로스코프는 채널 1, 2, 그리고 3의 정의된 배합 로직 조건과 세트 슬로프와 임계치 조건을 만족시키는 채널 4의 트랜지션을 체크한다. 채널 1, 2, 3의 채널 조건이 만족되면, 오실로스코프는 트리거한다.



로직 패턴 트리거

오실로스코프는 채널 1, 2, 3, 그리고 4의 배합 로직에 맞추어 트리거한다. 허용되는 조건은 AND, OR, NAND 그리고 NOR 이다.

명암도

밝음의 강도를 디스플레이

**버스트 폭 (Burst width)**

버스트 지속시간을 시간으로 표시한 것.

**범용 노브**

툽니 모양의 손잡이를 가진 큼직한 프론트 패널 노브. 지정 한 파라미터의 수치를 바꾸는 데 사용한다.

보간 (Interpolation)

오실로스코프가 싱글 트리거 이벤트로 레코드의 모든 포인트들을 포착할 수 없을 때 레코드 포인트의 수치를 계산하는 방법. 오실로스코프가 실시간 샘플링으로 제한되었고 타임 베이스가 오실로스코프의 효과적인 샘플 속도를 초과하는 수치로 설정이 되었을 때 보간 동작이 실행된다. 오실로스코프는 두 개의 보간 옵션을 갖고 있다. 직선형과 $\text{Sin}(x)/x$ 보간. 직선형 보간은 포착된 실제 가치들 사이에 있는 레코드 포인트를 직선으로 계산한다. $\text{Sin}(x)/x$ 는 레코드 포인트들을 포착한 실제 수치들 사이에 곡선형으로 계산한다. 이 $\text{Sin}(x)/x$ 는 모든 보간된 포인트들이 적절한 시간에 그 곡선 위에 떨어진다고 가정한다.

**사이드 메뉴**

디스플레이 우측에 나오는 메뉴. 주 메뉴 선택의 추가 메뉴이다.

**사이드 메뉴 단추**

사이드 메뉴 우측의 단추. 사이드 메뉴의 항목을 선택가능하게 한다.

**사이클 RMS**

한 사이클 상의 true Root Mean Square 전압.

사이클 면적

한 주기상에서 측정된 파형의 면적. Volt-seconds로 표시된다. 그라운드 위는 포지티브; 그라운드 아래는 네거티브.

사이클 평균치

한 사이클 상에서의 산술적 평균치의 진폭 (전압) 측정.



상승 시간

펄스의 리딩 에지가 진폭의 LowRef 수치 (일반적으로 10%)에서 HighRef 수치 (일반적으로 90%)로 상승할 때까지 걸리는 시간.

샘플 간격

타임 베이스 안에서 연속적 샘플들 사이의 시간 간격. 실시간 디지털라이저 경우에서, 샘플 간격은 샘플 속도의 역수이다. 등가시간 디지털라이저에서는, 연속 샘플들 사이의 시간 간격은 실시간이 아닌 등가시간을 표시한다.



샘플 획득 모드

오실로스코프는 각 포착 주기 중에 첫 번째 샘플을 저장함으로써 레코드 포인트를 만든다. 바로 그것이 포착의 디폴트 모드이다.

샘플링

정해진 시점에서 아날로그 입력(예를 들어 전압과 같은)을 포착하여 quantizing할 수 있도록 일정하게 홀드하는 프로세스.

선택 단추

두 개 커서 중 어떤 것을 액티브로 할 것인지 선택하는 단추.

선택된 파형

모든 측정의 대상이 되는 파형. 수직 위치가 스케일 조절에 영향을 받는다. 채널 선택 단추에서 전등이 된 단추가 선택된 파형이다.



설정 / 홀드 트리거

데이터 소스가 설정 또는 홀드 시간 내에서 클록 소스와 비례하여 상태를 변화시킬 때 트리거하는 모드. 포지티브 설정 시간은 클록 에지를 앞선다. 포지티브 홀드 타임은 클록 에지를 따른다. 클록 에지는 상승 에지 또는 하강 에지가 될 수 있다.



수직 막대 커서

파형 레코드의 타임 파라미터를 측정하기 위하여 포지션하는 두 개의 수평 바. 오실로스코프는 그라운드를 기준으로 한 액티브(움직이는) 커서의 수치와 바 사이의 전압차를 디스플레이한다.



수평 바 커서

파형의 전압 파라미터를 측정하기 위하여 포지션하는 두 개의 수평 바. 오실로스코프는 그라운드를 기준으로 한 액티브(움직이는) 커서의 수치와 바 사이의 전압치를 디스플레이한다.

슬로프

파형상에서 포인트의 방향. 수직의 변화를 수평의 변화와 비례하여 방향을 계산해 낼 수 있다. 이 두 개의 상승과 하강이다.



슬루 속도 트리거

펄스 에지가 상위와 하위 임계치 사이를 얼마나 빨리 가로지르는지(슬루)에 따라서 오실로스코프가 트리거되도록 하는 모드. 펄스의 에지는 포지티브 또는 네거티브가 될 수 있다. 오실로스코프가 슬루 속도에서 사용자가 지정한 속도보다 더 빠르게 또는 느리게 트리거할 수 있다.

실시간 샘플링

오실로스코프가 싱글 트리거 이벤트로 파형 레코드를 완전히 채울 수 있을 정도의 속도로 샘플을 할 수 있는 모드. 싱글샷 또는 트랜션트 이벤트를 포착하려면 실시간 샘플링을 한다.

액티브 커서

범용 노브를 돌릴 때 이동하는 커서. 실선으로 표시된다. 디스플레이의 @판독은 액티브 커서의 절대치를 보여준다.

에일리어싱

고주파 샘플링 또는 트랜지션의 샘플링이 충분하지 않기 때문에 생기는 오류. 오실로스코프가 수신 신호를 재생하기에 너무 느린 샘플 속도로 디지털화할 때 발생하는 현상. 오실로스코프 상에서 디스플레이된 파형은 실제 수신 신호보다 더 낮은 주파수일 수 있다.

에지 트리거

오실로스코프가 특정 방향(트리거 슬로프)에서 특정 전압 레벨을 통과하는 소스를 탐지할 때 트리거링이 발생한다.



엔벨로프 획득 모드

서너개 포착의 극단적 편차를 나타내는 파형을 포착하고 디스플레이하는 모드.

오실로스코프

두 계수의 그래프를 그리는 기기. 이 계수는 일반적으로 전압 시간이다.

위상 (phase)

두가지 파형 사이의 시간 차. 위상은 각도로 표시된다. 360도는 한 파형의 완전한 사용사이클을 뜻한다. 측정된 파형들은 주파수가 동일하거나 아니면 파형이 서로 harmonic 이 되어야 한다.

인터리빙 (Interleaving)

TDS 500D 와 TDS 700D 모델에만 적용: 이 오실로스코프들이 더 높은 디지털 타이밍 속도를 얻을 수 있는 방법. 오실로스코프는 사용되지 않는 채널들 (TURN OFF 가 된 채널들)의 디지털 타이밍 리소스를 적용하여 사용되고 있는 채널 (TURN ON 된 채널들) 안에 있는 리소스를 샘플링한다. 3-31 쪽의 표 3-2는 포착 속도 대 ON 이 된 채널의 수를 열거하고 있다.

자동 트리거 모드

특정 시간 안에 트리거할 수 있는 이벤트가 탐지가 안된 경우 오실로스코프가 자동으로 포착할 수 있는 트리거 모드.

정밀성

측정 수치가 실제 수치에 가까운 정도.

정상 트리거 모드

타당한 트리거 이벤트가 발생하지 않는 한 오실로스코프 파형 레코드를 포착하지 않는 모드. 파형 데이터를 포착하기 전에 타당한 트리거 이벤트를 기다린다.

주 메뉴

화면의 하단에 수평으로 디스플레이되는 주 오실로스코프 기능과 관련된 제어 기능들.

주 메뉴 단추

주 메뉴 디스플레이 아래의 단추들. 주 메뉴에 나온 항목들을 선택가능하게 한다.

**주기 (period)**

하나의 완결된 신호 사이클이 커버하는 시간의 시간적 측정. 주파수의 역수이며 초로 표시된다.

주파수

임의의 주기 현상에서 단위 시간당 반복 주기의 수. $1\text{Hz} = 1 \text{ cycle/sec}$ 일 때 단위는 헤르츠 (Hz).

**지연 시간**

트리거 이벤트와 데이터의 포착 사이의 시간.

**지연 측정**

두 개의 다른 파형들의 중간 기준 크로싱 사이의 시간 측정.

**진폭**

High 파형 수치에서 Low 파형 수치를 뺀 수치.

채널

신호 포착에 사용한 입력의 종류. 오실로스코프가 4 개의 채널을 갖고 있다.

채널 기준 표시기

디스플레이의 왼쪽에 있는 표시기로서, 수직 스케일이 변할 때 파형이 축소 또는 확장하는 위치선을 지적해준다. 오프셋이 0V로 설정되면 이 위치선은 그라운드가 된다. 그렇지 않으면, 그라운드 더하기 오프셋이다.

채널 / 프로브 데스큐 (deskew)

각 채널의 상대적인 시간 지연. 신호들을 정렬하여 길이가 다른 케이블들로부터 입수되는 신호를 교정해준다.

커서

두 개의 파형 위치 사이에서 측정을 할 때 사용할 수 있는 한 쌍의 마커. 오실로스코프는 액티브 커서의 위치와 두 개 커서 사이의 거리를 나타내는 수치를 디스플레이한다 (volts 또는 time 으로 표시).

커플링

전원과 정보가 서로 이전될 수 있도록 두 개 이상의 회로 혹은 시스템이 결합한 상태를 말한다. 수신 신호를 여러 방법으로 트리거나 수직 시스템에 결합시킬 수 있다.

타임 베이스

파형 레코드의 시간과 수평 축의 속성을 정의해주는 파라미터 세트이다. 타임 베이스는 언제 그리고 얼마나 레코드 포인트를 포착할 것인지를 결정한다.

**타임아웃 트리거**

오실로스코프가 지정된 극성과 레벨의 펄스를 지정된 시간 안에 찾지 못하면 트리거가 발생하는 트리거 모드이다.

트리거

파형 레코드에서 타임 제로를 마크하는 이벤트. 이는 파형의 포착과 디스플레이를 해준다.

**트리거 레벨**

트리거 신호의 수직 레벨은 교차가 되어야 (에지 트리거 모드에서) 트리거를 발생한다.

파형

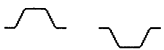
신호의 모양과 형체 (가시적 모양).

파형 간격

레코드 포인트 사이의 시간 간격.

팝업 메뉴

주 메뉴의 부속 메뉴. 팝업 메뉴는 파형 디스플레이 면적의 일부를 차지하고 있으며, 주 메뉴와 관련된 추가 메뉴를 보여주고 있다. 팝업 메뉴 아래의 주 메뉴 단추를 반복적으로 눌러서 팝업 메뉴에서 옵션을 선택할 수 있다.

**펄스 트리거**

사용자가 정의한 하위 및 상위 시간 제한점 사이 혹은 밖에 있는 특정 극성을 가진 펄스를 발견하면 트리거가 되는 트리거 모드.



평균 획득 모드

이 모드에서 오실로스코프는 여러 개의 포착을 평균화한 파형을 포착하고 디스플레이한다. 애버리징(평균화)을 하면 피상 노이즈를 감소한다. 오실로스코프는 샘플모드에서와 같이 데이터를 포착한 다음 특정 애버리지 수에 애버리지를 한다.



포지티브 듀티 사이클

포지티브 펄스 폭과 시그널 주기와의 비율을 나타내는 시간 측정으로서 퍼센티지로 표시된다.



포지티브 폭

포지티브 펄스 상에서 두 진폭 포인트(상승 에지 *MidRef*(디폴트 50%)와 하강 에지 *MidRef*(디폴트 50%)) 사이 거리(시간)의 시간적 측정.

포착

수신 채널로부터 시그널을 샘플하고, 샘플을 데이터 포인트로 디지털라이징을 하고, 또한 데이터 포인트들을 파형 레코드로 어셈블링하는 과정. 그 과정에서 트리거는 타임을 제로로 표시한다.

포착 주기

레코드 길이로 나뉘어진 파형의 지속 시간. 오실로스코프는 각 포착 주기당 하나의 데이터 포인트를 디스플레이한다.



포지티브 오버슈트

진폭(전압) 측정.

$$\text{PositiveOvershoot} = \text{Max} - \text{High/Amplitude} \times 100\%$$

프로브

오실로스코프의 입력 장치.

프로브 교정

프로브의 저 주파 응답을 향상시키는 조절.



피크 탐지 획득 모드

오실로스코프가 두 개의 근접 포착 주기 상에서 최저 및 최대 샘플들을 저장하는 모드. 글리치가 없는 신호일 때 이 모드는 샘플 모드와 구별이 되지 않는다.(피크 참고 모드는 실시간, non-interpolation 샘플링에서만 작용한다.)

픽셀

디스플레이 상의 시각적 포인트. 오실로스코프 디스플레이는 폭 640 픽셀 x 높이 480 픽셀이다.



하강 시간

펄스의 트레일링 에지가 진폭의 HighRef 수치에서 (일반적으로 90%) LowRef 수치 (일반적으로 10%)로 떨어질 때까지 걸리는 시간.



하드 카피

디스플레이를 프린터나 플로터로 출력한 형태.

홀드오프, 트리거

트리거 회로가 다른 트리거 신호를 수락하기까지 경과하는 시간. 트리거 홀드오프는 디스플레이를 안정되게 해준다.

색 인

색인

번호

1/초(Hz), Cursor 메뉴, 3-143
2 + 2 채널 작동, xii, 1-2, 1-3, 용어집-1
20MHz, Vertical 메뉴, 3-19
250MHz, Vertical 메뉴, 3-19

A

AC 라인 전압, 트리거 입력, 3-74
AC 커플링, 용어집-1
AC, Main Trigger 메뉴, 3-84
ACCEPT Glitch, Main Trigger 메뉴, 3-103
Acquisition 모드
 DPO와 비호환, 3-66
 선택 방법, 3-35
Acquisition 모드, 선택, 3-27
active, 파형 상태 저장, 3-169
AMI, Telecom Trigger 메뉴, 3-115
Amplitude Units, Cursor 메뉴, 3-143
AND, Main Trigger 메뉴, 3-93, 3-95
AND, 용어집-2
ACQUIRE MENU 단추, 3-35, 3-202
Auto, Main Trigger 메뉴, 3-85
AutoBright, Display 메뉴, 3-63
Autosave, Save/Recall Waveform 메뉴, 3-174
AUTOSET 단추, 2-15
AUX TRIGGER IUPUT, BNC, 2-5
Average 모드, Acquire 메뉴, 3-202
Average, InstaVu II와 비호환, 3-66
Average, More 메뉴, 3-209

B

Bandwidth, Vertical 메뉴, 3-19
Base, Cursor 메뉴, 3-143
BMP color, Hardcopy 메뉴, 3-183
BMP Mono, Hardcopy 메뉴, 3-183
BMP, 3-181
BNC
 AUX TRIGGER INPUT, 2-5
 DELAYED TRIGGER OUTPUT, 2-5
 MAIN TRIGGER OUTPUT, 2-5

SIGNAL OUTPUT, 2-5
Bold, Color 메뉴, 3-48
BW 기호, 3-19

C

Cal Probe, Vertical 메뉴, 3-158
Cart, 오실로스코프, A-1
Centronics, 2-5
 Port, 3-183, 3-191
Centronics prot, 3-179
Ch1, Ch2..., Delayed Trigger 메뉴, 3-122
Ch1, Ch2..., Main Trigger 메뉴, 3-84, 3-92, 3-95,
 3-96, 3-102, 3-103, 3-104, 3-106, 3-107, 3-111
Ch1, Ch2..., Telecom Trigger 메뉴, 3-115
CH1, CH2.... 단추, 3-13
Change Colors, Color 메뉴, 3-48
Class Glitch, Main Trigger 메뉴, 3-101
Class, Main Trigger 메뉴, 3-106, 3-111
 Pattern, 3-91
 Runt, 3-103
 Setup/Hold, 3-96
 Slew Rate, 3-107
 State, 3-95
CLEAR MENU 단추, 2-3, 2-8, 2-13, 2-23, 2-24, 3-135
Clear Spool, Hardcopy 메뉴, 3-187
Clock Source, Main Trigger 메뉴, 3-96
CMI, Telecom Trigger 메뉴, 3-115
Code, Telecom Trigger 메뉴, 3-115
Collision Contrast, Color 메뉴, 3-51, 3-52
Color Deskjet, 3-181
Color Matches Contents, Color 메뉴, 3-50
Color 메뉴, 3-47
 Bold, 3-48
 Change Colors, 3-48
 Color, 3-49, 3-50
 Color Matches Contents, 3-50
 Hardcopy, 3-48
 Hue, 3-49
 Lightness, 3-49
 Map Math, 3-50

Map Reference, 3-50
 Math, 3-50
 Monochrome, 3-48
 Normal, 3-48
 Options, 3-51, 3-52
 Palette, 3-48
 Percentage Color Mapping, 3-52
 Persistence Palette, 3-48
 Ref, 3-50
 Reset All Mappings To Factory, 3-51
 Reset All Palettes To Factory, 3-51
 Reset Current Palette To Factory, 3-51
 Reset to Factory Color, 3-49
 Restore Colors, 3-51
 Saturation, 3-49
 Spectral, 3-48
 Temperature, 3-48
 View Palette, 3-48
 Color, Color 메뉴, 3-49, 3-50
 Color, Display 메뉴, 3-47
 Color Index, Color 메뉴, 3-52
 Comm 트리거, 3-75
 Compare Ch1 to, Acquire 메뉴, 3-204
 Compare Ch2 to, Acquire 메뉴, 3-204
 Compare Ch3 to, Acquire 메뉴, 3-204
 Compare Ch4 to, Acquire 메뉴, 3-204
 Compare Math1 to, Acquire 메뉴, 3-204
 Compare Math2 to, Acquire 메뉴, 3-204
 Compare Math3 to, Acquire 메뉴, 3-204
 Configure, Utility 메뉴, 3-182, 3-194
 Confirm Delete, File Utility 메뉴, 3-178
 Contrast, Display 메뉴, 3-42, 3-63
 Copy, File Utility 메뉴, 3-178
 Coupling, Delayed Trigger 메뉴, 3-122
 Coupling, Main Trigger 메뉴, 3-84
 Coupling, Vertical 메뉴, 3-18
 Creat Directory, File Utility 메뉴, 3-178
 Create Limit Test Template, Acquire 메뉴, 3-202
 Create Measrmnt, Measure Edlay 메뉴, 3-135
 Cross Hair, Display 메뉴, 3-45
 CURSOR 단추, 3-141
 Cursor 메뉴, 3-141, 3-214, 3-235
 1/초(Hz), 3-143
 Amplitude Units, 3-143
 Base, 3-143
 Function, 3-141, 3-142

H Bars, 3-141, 3-142
 Independent, 3-142
 IRE(NTSC), 3-143
 seconds, 3-143
 Time Units, 3-143
 Tracking, 3-142
 Video Line Number, 3-143

D

Data Source, Main Trigger 메뉴, 3-96
 DC 오프셋, 3-219
 FFT의 DC 교정, 3-219
 연산 파형, 3-219, 3-237
 DC 커플링, 용어집-1
 DC, Main Trigger 메뉴, 3-84
 Define Inputs, Main Trigger 메뉴, 3-92, 3-95, 3-97
 Define Logic, Main Trigger 메뉴, 3-93, 3-95
 Delay by Events, Delayed Trigger 메뉴, 3-121
 Delay by Time, Delayed Trigger 메뉴, 3-121
 Delay by, Delayed Trigger 메뉴, 3-121
 Delay to, Measure Delay 메뉴, 3-134
 Delayed Only, Horizontal 메뉴, 3-118
 Delayed Runs After Main, 3-78
 Delayed Runs After Main, Horizontal 메뉴, 3-24, 3-118
 Delayed Scale, Horizontal 메뉴, 3-23
 DELAYED TRIG 단추, 3-78, 3-119
 DELAYED TRIGGER OUTPUT, BNC, 2-5
 Delayed Trigger 메뉴, 3-119, 3-124
 Ch1, Ch2..., 3-122
 Coupling, 3-122
 Delay by, 3-121
 Delay by Events, 3-121
 Delay by Time, 3-121
 Level, 3-123
 Set to 50%, 3-123
 Set to ECL, 3-123
 Set to TTL, 3-123
 Slope, 3-122
 Source, 3-122
 에지 상승, 3-122
 에지 하강, 3-122
 Delayed Triggerable, Horizontal 메뉴, 3-24, 3-121
 Delete Refs, Save/Recall Waveform menu, 3-172
 Delete, File Utility 메뉴, 3-177

Delta Time, Main Trigger 메뉴, 3-108
 Deskew, Vertical 메뉴, 3-158
 Deskjet, Hardcopy 메뉴, 3-183
 DeskjetC, Hardcopy 메뉴, 3-183
 Display 'T'@Trigger Point, Display menu, 3-43
 DISPLAY 단추, 3-41, 3-47
 Display 메뉴, 3-41, 3-47
 Color, 3-47
 Contrast, 3-42, 3-63
 Cross Hair, 3-45
 Display, 3-41
 Display 'T'@ Trigger Point, 3-43
 Dots, 3-41
 Dots 스타일, 3-204
 DPO Brightness, 3-63
 DPO Contrast, 3-63
 Filter, 3-44
 Frame, 3-45
 Full, 3-45
 Graticule, 3-45
 Grid, 3-45
 Infinite Persistence, 3-41
 Intensified Samples, 3-41
 Intensity, 3-42, 3-63
 Linear interpolation, 3-44
 NTSC, 3-45
 Overall, 3-42
 PAL, 3-45
 Readout, 3-43, 3-45
 Settings, 3-41, 3-47
 Sin(x)/x interpolation, 3-44
 Style, 3-41
 Text/Grat, 3-42
 Trigger Bar, 3-43
 Variable Persistence, 3-41
 Vectors, 3-41
 Waveform, 3-42, 3-63
 XY, 3-45
 YT, 3-45
 Display, Display 메뉴, 3-41
 Display, Status 메뉴, 3-197
 Dots 스타일, Display 메뉴, 3-204
 Dots, Display 메뉴, 3-41
 DPO 모드
 대 보통 DSO 모드(그림), 3-24, 3-61
 비호환 모드, 3-66

사용법, 3-60
 파형 포착 속도, 3-60
 DPO, 3-59, 용어집-1
 DPO Brightness, Display 메뉴, 3-63
 DPO Contrast, Display 메뉴, 3-63
 DPU411-II, Hardcopy 메뉴, 3-183
 DPU412, Hardcopy 메뉴, 3-183
 Dual Wfm Math, More 메뉴, 3-208
 Dual Zoom Offset, Zoom 메뉴, 3-58
 Dual Zoom, Zoom 메뉴, 3-58

E

Edge, Measure Delay 메뉴, 3-135
 Edge, Main Trigger 메뉴, 3-82, 3-83
 Either, Main Trigger 메뉴, 3-102, 3-104, 3-107
 empty, 저장 파형 상태, 3-169
 Enter Char, Labelling 메뉴, 3-177, 3-178
 Envelope Acquisition 모드, 3-32, 3-71, 용어집-9
 Envelope, Acquire 메뉴, 3-35
 EPS Color Img, Hardcopy 메뉴, 3-183
 EPS Color Plt, Hardcopy 메뉴, 3-183
 EPS Mono Img, Hardcopy 메뉴, 3-183
 EPS Mono Plt, Hardcopy 메뉴, 3-183
 Epson, Hardcopy 메뉴, 3-183
 External Attenuation, Vertical 메뉴, 3-19
 Extinction Ratio, 3-128, B-8

F

factory, 저장된 설정 상태, 3-166
 Fast Fourier Transforms, 설명, 3-209
 FastFrame Setup, Horizontal 메뉴, 3-68
 FastFrame 대화, 3-71, 3-140
 FastFrame, Horizontal 메뉴, 3-68
 FastFrame, DPO와 비호환, 3-66
 FFT 시간 도메인 레코드, 지정, 3-217
 FFT 연산 파형, 3-210
 Acquisition 모드, 3-220
 DC 교정, 3-219
 디스플레이 절차, 3-211
 레코드 길이, 3-218
 보간 모드, 3-220, 3-221
 상 압박, 3-213, 3-223
 상 표시, 3-212

상 표시, 설정 시 유의사항, 3-222
 에일리어싱, 3-221
 자동 측정, 3-216
 잡음 감소, 3-220
 제로 위상 참조, 3-222
 주파수 레졸루션, 3-218
 주파수 범위, 3-218
 추출, 3-221
 측정 절차, 3-218
 파생, 3-210
 확대, 3-220
 FFT 주파수 도메인 레코드, 3-216
 길이, 3-218
 사전 지정된, 3-217
 FFT, 응용, 3- 209
 File Utilities, File Utility 메뉴, 3-176
 File Utilities, Save/Recall Setup 메뉴, 3-168
 File Utilities, Save/Recall Waveform 메뉴, 3-175
 File Utility 메뉴, 3-175, 3-176
 Confirm Delete, 3-178
 Copy, 3-178
 Create Directory, 3-178
 Delete, 3-177
 File Utilities, 3-176
 Format, 3-179
 Overwrite Lock, 3-179
 Print, 3-178
 Rename, 3-177
 드라이브, 3-179
 아이콘, 3-167, 3-170, 3-171, 3-177, 3-179
 Filter, Display 메뉴, 3-44
 Fine Scale, Vertical 메뉴, 3-19
 Fit to screen, Horizontal 메뉴, 3-23
 FORCE TRIG 단추, 3-79
 Format, File Utility 메뉴, 3-179
 Format, Hardcopy 메뉴, 3-183
 Frame Count, Horizontal 메뉴, 3-68
 Frame Length, Horizontal 메뉴, 3-68
 Frame, Display 메뉴, 3-45
 Frame, Horizontal 메뉴, 3-69
 Full, Display 메뉴, 3-45
 Full, Vertical 메뉴, 3-19
 Function, Cursor 메뉴, 3-141, 3-142

G

Gating, Measure 메뉴, 3-131
 Glitch, Main Trigger 메뉴, 3-103
 Goes FALSE, Main Trigger 메뉴, 3-93, 3-95
 Goes TRUE, Main Trigger 메뉴, 3-93, 3-95
 GPIB 프로그래밍, F-1
 GPIB, 2-5, 3-191-3-196, 용어집-2
 사용 절차, 3-193
 연결, 3-193
 연결선, 3-192
 인터페이스 요건, 3-191
 일반적인 구성, 3-192
 프로토콜, 3-191
 포트 선택과 구성하기, 3-194
 GPIB, Hardcopy 메뉴, 3-183
 GPIB, Utility 메뉴, 3-194
 Graticule, Display 메뉴, 3-45
 Grid, Display 메뉴, 3-45
 GROUP1, GROUP2... 단추, 3-54

H

H Bar, Cursor 메뉴, 3-141, 3-142
 H Limit, Acquire 메뉴, 3-203
 Hardcopy if Condition Met, Acquire 메뉴, 3-205
 HARDCOPY 단추, 3-175, 3-176, 3-183, 3-194
 Hardcopy 메뉴
 BMP Color, 3-183
 BMP Mono, 3-183
 Clear Spool, 3-183, 3-187
 Deskjet, 3-183
 DeskjetC, 3-183
 DPU411-II, 3-183
 DPU412, 3-183
 EPS Color Img, 3-183
 EPS Color Plt, 3-183
 EPS Mono Img, 3-183
 EPS Mono Plt, 3-183
 Epson, 3-183
 Format, 3-183
 GPIB, 3-183
 HPGL, 3-183
 Interleaf, 3-183
 Landscape, 3-183

Laserjet, 3-183
 Layout, 3-183
 OK Confirm Clear Spool, 3-187
 Palette, 3-183
 PCX, 3-183
 PCX Color, 3-183
 Port, 3-183
 Portrait, 3-183
 RLE Color, 3-183
 Thinkjet, 3-183
 TIFF, 3-183
 Hardcopy, Color 메뉴, 3-48
 Hardcopy, Utility 메뉴, 3-194
 HELP 단추, 3-199
 HF Rej, Main Trigger 메뉴, 3-84
 Hi Res, acquisition 모드, 3-34, 용어집-2
 Hi Res, Acquire 메뉴, 3-35
 Hi Res, InstaVu와 비호환, 3-66
 High Ref, Measure 메뉴, 3-133
 High-Low Setup, Measure 메뉴, 3-132
 HiRes, Acquisition 모드, 3-71
 Histogram 메뉴, 3-145
 Histogram, Measure 메뉴, 3-132
 HistoMasks, Status 메뉴, 3-197
 Hits in Box, 3-147
 Horiz Pos, Horizontal 메뉴, 3-23
 Horiz Scale, Horizontal 메뉴, 3-23
 Horizontal 메뉴, 3-118
 Delayed Only, 3-118
 Delayed Runs After Main, 3-24, 3-118
 Delayed Scale, 3-23
 Delayed Triggerable, 3-24, 3-121
 Extended acquisition length, 3-24
 FastFrame, 3-68
 FastFrame Setup, 3-68
 Fit to screen, 3-23
 Frame Count, 3-68
 Frame Length%, 3-68
 Frame%, 3-69
 Horiz Pos, 3-23
 Horiz Scale, 3-23
 Intensified, 3-119, 3-121
 Main Scale, 3-23
 Record Length, 3-22
 Set to 10%, 3-23
 Set to 50%, 3-23

 Set to 90%, 3-23
 Time Base, 3-118
 Trigger Position, 3-22
 HORIZONTAL MENU 단추, 3-78, 3-118
 HPGL, 3-181
 HPGL, Hardcopy 메뉴, 3-183
 Hue, Color 메뉴, 3-49

I

I/O, Status 메뉴, 3-197
 I/O, Utility 메뉴, 3-182
 Independent, Cursor 메뉴, 3-142
 Infinite Persistence, Display 메뉴, 3-63
 Intensified Samples, Display 메뉴, 3-41
 Intensified, Horizontal 메뉴, 3-119, 3-121
 Intensity, 용어집-6
 Intensity, Display 메뉴, 3-42, 3-63
 Interleaf, 3-181
 Interleaf, Hardcopy 메뉴, 3-183
 IRE(NTSC), Cursor 메뉴, 3-143

L

Labelling 메뉴, Enter Char, 3-177, 3-178
 Landscape, Hardcopy 메뉴, 3-183
 Laserjet, 3181
 Laserjet, Hardcopy 메뉴, 3-183
 Layout, Hardcopy 메뉴, 3-183
 Level, Delayed Trigger 메뉴, 3-123
 Level, Main Trigger 메뉴, 3-86, 3-103, 3-107, 3-112
 Level, Telecom Trigger 메뉴, 3-116
 LF Rej, Main Trigger 메뉴, 3-84
 Lightness, Color 메뉴, 3-49
 Limit Test Condition Met, Acquire 메뉴, 3-205
 Limit Test Setup, Acquire 메뉴, 3-204, 3-205
 Limit Test Source, Acquire 메뉴, 3-204
 Limit Test, Acquire 메뉴, 3-205
 Linear interpolation, Display 메뉴, 3-44
 Logic, Main Trigger 메뉴, 3-82
 Low Ref, Measure 메뉴, 3-133

M

Main Scale, Horizontal 메뉴, 3-23

MAIN TRIGGER OUTPUT, BNC, 2-5

Main Trigger 메뉴

상승 에지, 3-86

하강 에지, 3-86

Main Trigger 메뉴, 3-82, 3-83, 3-91, 3-95, 2-96,
3-101, 3-103, 3-107

AC, 3-84

Accept Glitch, 3-103

AND, 3-93, 3-95

Auto, 3-85

Ch1, Ch2..., 3-84, 3-92, 3-95, 3-96, 3-102, 3-103,
3-104, 3-106, 3-107, 3-111

Class, 3-106, 3-111

Pattern, 3-91

Runt, 3-103

Setup/Hold, 3-96

Slew Rate, 3-107

State, 3-95

Class Glitch, 3-101

Clock Source, 3-96,

Coupling, 3-84

Data Source, 3-96

DC, 3-84

Define Inputs, 3-92, 3-95, 3-97

Define Logic, 3-93, 3-95

Delta Time, 3-108

Edge, 3-82, 3-83

Either, 3-102, 3-104, 3-107

Glitch, 3-103

Goes FALSE, 3-93, 3-95

Goes TRUE, 3-93, 3-95

HF Rej, 3-84

Level, 3-86, 3-103, 3-107, 3-112

LF Rej, 3-84

Mode & Holdoff, 3-85

NAND, 3-93, 3-95

Negative, 3-102, 3-104, 3-107

Noise Rej, 3-84

NOR, 3-93, 3-95

Normal, 3-85

OR, 3-93, 3-95

Polarity, 3-104, 3-107

Polarity and Width, 3-102

Positive, 3-102, 3-104, 3-107

Pulse, 3-82, 3-103, 3-106, 3-111

Reject Glitch, 3-103

Runt, 3-103

Set Thresholds, 3-92, 3-95

Set to 50%, 3-79, 3-86, 3-103, 3-112

Set to ECI, 3-86, 3-103, 3-108, 3-112

Set to TTL, 3-86, 3-103, 3-108, 3-112

Slope, 3-85

Source, 3-84, 3-102, 3-104, 3-106, 3-107, 3-111

State, 3-95, 3-96

Telecom, 3-114

Thresholds, 3-104, 3-108

Time, 3-112

Timeout, 3-111, 3-112

Trigger When, 3-93, 3-95, 3-108

True for less than, 3-93

True for more than, 3-93

Type, 3-82, 3-83, 3-106, 3-111

Logic, 3-91, 3-95, 3-96

Pulse, 3-107

펄스, 3-103

Type Pulse, 3-101

Width, 3-102, 3-106

상승 에지, 3-95, 3-96

하강 에지, 3-95, 3-96

Map Math, Color 메뉴, 3-50

Map Reference, Color 메뉴, 3-50

Math, Color 메뉴, 3-50

Math1/2/3, More 메뉴, 3-209

Max Value, Color 메뉴, 3-52

Mean +- 1 StdDev, 3-147

Mean +- 2 StdDev, 3-147

Mean +- 3 StdDev, 3-147

Mean dBm, 3-128, B-10

Measure Delay To, Measure Delay 메뉴, 3-134

Measure Delay 메뉴

Create Measrmnt, 3-135

Delay To, 3-134

Edges, 3-135

Measure Delay To, 3-134

OK Create Measurement, 3-135

MEASURE 단추, 3-129, 3-148

Measure 메뉴, 3-129, 3-136

Gating, 3-131

High Ref, 3-133

High-Low Setup, 3-132

Histogram, 3-132

Low Ref, 3-133

Mid Ref, 3-133

Mid2 Ref, 3-133

Min-Max, 3-132
 Reference Levels, 3-132
 Remove Measuremnt, 3-130, 3-136
 Select Measuremnt, 3-129, 3-134, 3-148
 Set Levels in % units, 3-133
 Snapshot, 3-136
 Statistics, 3-137, 3-138
 Mid Ref, Measure 메뉴, 3-133
 Mid2 Ref, Measure 메뉴, 3-133
 Min-Max, Measure 메뉴, 3-132
 Mode & Holdoff, Main Trigger 메뉴, 3-85
 Monochrome, Color 메뉴, 3-48
 MORE 단추, 3-13, 3-173, 3-204, 3-207
 More 메뉴, 3-173, 3-207, 3-229
 Average, 3-209
 Blackman- Harris, 3-213
 Change Math waveform definition, 3-211, 3-229, 3-234
 dBV RMS, 3-212
 diff, 3-229
 Dual Wfm Math, 3-208
 FFT, 3-211
 Hamming, 3-213
 Hanning, 3-213
 intg, 3-234
 Linear RMS, 3-212
 Math1, Math2, Math3, 3-211, 3-229, 3-234
 Math1/2/3, 3-209
 No Process, 3-209
 OK Create Math Waveform, 3-207, 3-234
 Phase(deg), 3-212
 Phase(rad), 3-212
 Rectangular, 3-212
 Set 1st Source to, 3-208
 Set 2nd Source to, 3-208
 Set FFT Source to:, 3-211
 Set FFT Vert Scale to:, 3-212
 Set FFT Window to:, 3-213
 Set Function to, 3-207
 Set Function to:, 3-229, 3-234
 Set operator to, 3-208
 Set Single Source to, 3-207, 3-208
 Set Single Source to:, 3-229, 3-234
 기준 파형 상태, 3-173
 단일 파형 연산, 3-207, 3-229, 3-234

N

NAND, Main Trigger 메뉴, 3-93, 3-95
 NAND, 용어집-3
 Negative, Main Trigger 메뉴, 3-102, 3-104, 3-107
 No Process, More 메뉴, 3-209
 Noise Rej, Main Trigger 메뉴, 3-84
 NOR, Main Trigger 메뉴, 3-93, 3-95
 NOR, 용어집-3
 Normal Trigger 모드, 3-75, 용어집-8
 Normal, Color 메뉴, 3-48
 Normal, Main Trigger 메뉴, 3-85
 NRZ, Telecom Trigger 메뉴, 3-115
 NTSC, Display 메뉴, 3-45
 Nyquist frequency, 3-221

O

Off Bus, Utility 메뉴, 3-194
 OFF(Real Time Only), Acquire 모드, 3-36
 Offset, Vertical 메뉴, 3- 19
 OK Confirm Clear Spool, Hardcopy 메뉴, 3-187
 OK Create Math Wfm, More 메뉴, 3-207
 OK Create Measurement, Measure Delay 메뉴, 3-135
 OK Erase Ref & Panel Memory, Utility 메뉴, 3-167
 OK Store Template, Acquire 모드, 3-203
 OK(Enable ET), Acquire 모드, 3-36
 ON/STBY 단추, 1-7, 2-3
 ON/STBY, 1-7, 2-3
 Options, Colour 메뉴, 3-51, 3-52
 OR, Main Trigger 메뉴, 3-93, 3-95
 OR, 용어집-3
 Overall, Display 메뉴, 3-42
 Overwrite Lock, File Utility 메뉴, 3-179

P

P6205 액티브 프로브, 1-5
 P6701A/B와 보정, A-2
 P6703A/B와 보정, A-2
 PAL, Display 메뉴, 3-45
 Palette, Color 메뉴, 3-48
 Palette, Hardcopy 메뉴, 3-183
 PCX Color, Hardcopy 메뉴, 3-183
 PCX, 3-181

PCX, Hardcopy 메뉴, 3-183
 Peak detect 획득 모드, 3-32, 용어집-14
 Peak Hits, 3-147
 Peak to Peak, 3-127, 용어집-3
 Pear Detect, Acquire 모드, 3-35
 Persistence, 3-41
 Persistence Palette, Color 메뉴, 3-48
 Pk-Pk, 3-147
 Polarity and Width, Main Trigger 메뉴, 3-10
 Polarity, Main Trigger 메뉴, 3-104, 3-107
 Port, Hardcopy 메뉴, 3-183
 Port, Utility 메뉴, 3- 194
 Portrait, Hardcopy 메뉴, 3-183
 Position, Vertical 메뉴, 3-19
 Positive, Main Trigger 메뉴, 3-102, 3-104, 3-107
 Preview, Zoom 메뉴, 3-56
 Print, File Utility 메뉴, 3-178
 Printing a Hardcopy, 참고 문헌, 3-180
 Pulse, Main Trigger 메뉴, 3-82, 3-103, 3-106, 3-111

Q

Quantitizing, 용어집-10

R

Readout, Display 메뉴, 3-43, 3-45
 Recall Factory Setup, Save/Recall Setup 메뉴, 3-167
 Recall Factory With DPX, Save/Recall Setup 메뉴, 3-167
 Recall Saved Setup, Save/Recall Setup 메뉴, 3-167
 Recalled Image Histogram, Status 메뉴, 3-197
 Record Length, Horizontal 메뉴, 3-22
 Ref, Color 메뉴, 3-50
 Ref1, Ref2 Ref3. Ref4, File, Save/Recall Waveform 메뉴, 3-173
 Ref1, Ref2, Ref3, Ref4, 기준 파형 상태, 3-173
 Reference Levels, Measure메뉴, 3-132
 Reject Glitch, Main Trigger 메뉴, 3-103
 Remove Measrmnt, Measure 메뉴, 3-130, 3-136
 Rename, File Utility 메뉴, 3- 177
 Repetitive Signal, Acquire 메뉴, 3-36
 Reset All Mappings To Factory, Color 메뉴, 3-51
 Reset All Palettes To Factory, Color 메뉴, 3-51

Reset Current Palette to Factory, Color 메뉴, 3-51
 Reset to Factory Color, Color 메뉴, 3-49
 Reset Zoom Factors, Zoom메뉴, 3-56
 Restore Colors, Color 메뉴, 3-51
 Ring Bell if Condition Met, Acquire 메뉴, 3-205
 RLE Color, Hardcopy 메뉴, 3-183
 RMS, 3-128, 용어집-4
 RS-232 Port, 3-183, 3-191
 RS-232, 2-5
 RS232C/Centronics Hardcopy Interface, 옵션 13, A-1
 RUN/STOP, Acquire 메뉴, 3-38
 Runt, Main Trigger 메뉴, 3-10

S

Sample, Acquire 메뉴 , 3-35
 Snapshot, Measure 메뉴, 3-136
 Saturation, Color 메뉴, 3-49
 Save Acq, Save/Recall Waveform 메뉴, 3-171
 Save Current Setup, Save/Recall Setup 메뉴, 3-166
 Save Format, Save/Recall Waveform 메뉴, 3-172
 Save Image Histogram, Save/Recall Waveform 메뉴, 3-171
 Save Waveform, Save/Recall Waveform 메뉴, 3-169
 Save/Recall Acquisition 메뉴, 3-171, 3-174
 Save/Recall WAVEFORM 단추, 3-169, 3-175, 3-176
 Save/Recall SETUP 단추, 2-10, 3-12, 3-166, 3-175, 3-176
 Save/Recall Setup 메뉴, 3-166
 File Utility, 3-168
 Recall Factory Setup, 3-167
 Recall Factory With DPO, 3-167
 Recall Saved Setup, 3-167
 Save Current Setup, 3-166
 user 상태, 3-166
 공장 상태, 3-166
 Save/Recall Waveform 메뉴, 3-169
 active 상태, 3-169
 Autosave, 3-174
 Delete Refs, 3-172
 empty 상태, 3-169
 File Utilities, 3-175
 Ref1, Ref2, Ref3, Ref4, File, 3-173
 Save Acq, 3-171
 Save Format, 3-172
 Save Waveform, 3-169

seconds, Cursor 메뉴, 3-143
 Select Application, Save/Recall Setup 메뉴, 3-168
 Select Measrmnt, Measure 메뉴, 3-129, 3-134, 3-148
 SELECT 단추, 3-142, 용어집-8
 Set 1st Source to, More 메뉴, 3-208
 Set 2nd Source to, More 메뉴, 3-208
 Set Function to , More 메뉴, 3-207
 SET LEVEL TO 50% 단추, 3-79
 Set Levels in % units, Measure 메뉴, 3-133
 Set operator to, More 메뉴, 3-208
 Set Single Source to, More 메뉴, 3-207, 3-208
 Set Thresholds, Main Trigger 메뉴, 3-92, 3-95
 Set to 10%, Horizontal 메뉴, 3-23
 Set to 50%, Delayed Trigger 메뉴, 3-123
 Set to 50%, Horizontal 메뉴, 3-23
 Set to 50%, Main Trigger 메뉴, 3-79, 3-86, 3-103, 3-112
 Set to 50%, Telecom Trigger 트리거 메뉴, 3-117
 Set to 90%, Horizontal 메뉴, 3-23
 Set to ECL, Delayed Trigger 메뉴, 3-123
 Set to ECL, Main Trigger 메뉴, 3-86, 3-103, 3-108, 3-112
 Set to ECL, Telecom Trigger 메뉴, 3-117
 Set to TTL , Main Trigger 메뉴, 3-86, 3-103, 3-108, 3-112
 Set to TTL , Telecom Trigger 메뉴, 3-117
 Set to TTL, Delayed Trigger 메뉴, 3-123
 Set to Zero, Vertical 메뉴, 3-19
 Settings, Display 메뉴, 3-41, 3-47
 Setup 메뉴, 2-10, 3-12
 SIGNAL OUTPUT, BNC, 2-5
 Sin(x)/x interpolation, Display 메뉴, 3-44
 Sin(x)/x 보간, 3-30, 3-44, 용어집-7
 Single Acquisition Sequence, Acquire 메뉴, 3-38
 SINGLE TRIG 단추, 3-39, 3-80
 Single Wfm Math, More 메뉴, 3-207
 Slope, Delayed Trigger 메뉴, 3-122
 Slope, Main Trigger 메뉴, 3-85
 Source, Delayed Trigger 메뉴, 3-122
 Source, Main Trigger 메뉴, 3-84, 3-102, 3-104, 3-106, 3-107, 3-111
 Source, Telecom Trigger 메뉴, 3-115
 Spectral, Color 메뉴, 3-48
 State, Main Trigger 메뉴, 3-95, 3-96
 Statistics, Measure 메뉴, 3-137, 3-138
 STATUS 단추, 3-197

Status 메뉴, 3-197
 Display, 3-197
 Histo/Masks, 3-197
 I/O, 3-197
 System, 3-197
 Trigger, 3-197
 Waveforms, 3-197
 펌웨어 버전, 3-197
 StdDev, 3-147
 Stop After Limit Test Condition Met, Acquire 메뉴, 3-205
 Stop After, Acquire 메뉴, 3-37, 3-205
 Style, Display 메뉴, 3-41
 System, Status 메뉴, 3-197
 System, Utility 메뉴, 3-182

T

Talk/Listen Address, Utility 메뉴, 3-194
 Tek Secure Erase Memory, Utility 메뉴, 3-167
 Tek Secure, 3-167, 용어집-4
 Telecom Standard, Telecom Trigger 메뉴, 3-116
 Telecom Trigger 메뉴
 AM1, 3-115
 Ch1,Ch2..., 3-115
 CMI, 3-115
 Code, 3-115
 Level, 3-116
 NRZ, 3-115
 Set to 50%, 3-117
 Set to ECL, 3-117
 Set to TTL, 3-117
 Source, 3-115
 Telecom Standard, 3-116
 Telecom, Main Trigger 메뉴, 3-114
 Temperature, Color 메뉴, 3-48
 Template Source, Acquire 메뉴, 3-202
 Text/Grat, Display 메뉴, 3-42
 Thinkjet, 3-181
 Thinkjet, Hardcopy 메뉴, 3-183
 Thresholds, Main Trigger 메뉴, 3-104, 3-108
 TIFF, 3-181
 TIFF, Hardcopy 메뉴, 3-183
 Time Base, Horizontal 메뉴, 3-118
 Time Units, Cursor 메뉴, 3-143
 Time, Main Trigger 메뉴, 3-112

Timeout Trigger, 3-99, 3-111, 용어집-12
 설정 방법, 3-111-124
 Timeout Trigger, 3-101
 Timeout, Main Trigger 메뉴, 3-111, 3-112
 Tracking, Cursor 메뉴, 3-142
 Trigger Bar Style, Display 메뉴, 3-43
 Trigger if Faster Than, Main Trigger 메뉴, 3-109
 Trigger if Slower Than, Main Trigger 메뉴, 3-109
 Trigger When, Main Trigger 메뉴, 3-93, 3-95, 3-108
 Trigger, Status 메뉴, 3-197
 TRIGGER MENU 단추, 3-82, 3-83, 3-91, 3-95, 3-96,
 3-101, 3-103, 3-107
 Trigger Position, Horizontal 메뉴, 3-22
 True for less than, Main Trigger 메뉴, 3-93
 True for more than, Main Trigger 메뉴, 3-93
 Type Logic, Main Trigger 메뉴, 3-101
 Logic, 3-91, 3-95, 3-96
 Pulse, 3-107
 Type Pulse, Main Trigger 메뉴, 3-101
 Type, Main Trigger 메뉴, 3-82, 3-83, 3-106, 3-111
 Pulse, 3-103

U

user, Saved setup 상태, 3-166
 UTILITY 단추, 3-157, 3-182, 3-194

V

V Limit, Acquire 메뉴, 3-203
 Variable Persistence, Display 메뉴, 3-41
 Vectors, Display 메뉴, 3-41
 VERTICAL MENU 단추, 2-19
 Video Line Number, Cursor 메뉴, 3-143
 View Palette, Color 메뉴, 3-48

W

WAVEFORM OFF 단추, 2-21, 3-14, 3-46, 3-64
 Waveform, Display 메뉴, 3-42, 3-63
 Waveform, Status 메뉴, 3-197
 Width, Main Trigger 메뉴, 3-102, 3-106

XYZ

XY

형식, 3-45, 3-64
 InstaVu와 비호환, 3-66
 XY 포맷, 용어집-13
 XY, Display 메뉴, 3-45
 XYZ, 포맷, 3-64
 XYZ 형식, 용어집-13
 YT, 포맷, 3-45, 3-64
 YT 포맷, 용어집-13
 YT, Display 메뉴, 3-45
 ZOOM 단추, 3-54
 Zoom 메뉴
 Dual Zoom, 3-58
 Dual Zoom Offset, 3-58
 Preview, 3-56
 Reset Zoom Factors, 3-56
 Zoom, 3-53-3-72
 보간, 3-53
 파형, 3-53
 파생 연산 파형, 3-232
 Dual Window 모드, 3-56
 InstaVu와 비호환, 3-66
 FFT 연산 파형, 3-220
 통합 연산 파형, 3-238

ㄱ

감쇠, 용어집-4
 외부, 3-19
 게이트 측정, 3-130, 용어집-5
 격자 측정, 3-144
 격자, 3-45, 용어집-4
 고, 3-127, 용어집-2
 고급 DSP math, 옵션 2F, A-3
 고급 응용 프로그램, 특성, 3-201
 고속 액티브 프로브, D-4
 고압 프로브, D-2
 고정식 액티브 프로브, D-4
 공장 설정, 실행 방법, 3-12
 광학 전력. Mean dBm 참고
 광학 프로브, D-5
 구간, 3-128 ,
 구역, 3-126, 용어집-1
 규약, xii

글리치 트리거, 3-99, 3-100, 용어집-2

설정 방법, 3-101

기본 모델, xii

기울기, 용어집-12

기울기, 트리거, 3-78

기준 메모리, 용어집-5

L

날짜/시간,

설정하기, 3-185

하드카피, 3-184

낮은 임피던스 Zo 프로브, D-2

네가티브 듀티 사이클, 3-127

네가티브 오버슈트, 3-127

네가티브 폭, 3-127

노브, 용어집-5

범용 노브, 2-7, 2-25, 용어집-7

수직 POSITION, 2-14, 3-16

수직 SCALE, 2-14, 3-16

수평 POSITION, 2-14, 3-21

수평 SCALE, 2-14, 3-21

트리거 MAIN LEVEL, 2-15, 3-78

C

단일 샷 샘플링, 3-28

단추

ACQUIRE MENU, 3-35, 3-202

AUTOSET, 2-15

CLEAR MENU, 2-3, 2-8, 2-13, 2-23, 2-24, 3-135

CURSOR, 3-141

DELAYED TRIG, 3-78, 3-119

DISPLAY, 3-41, 3-47

FORCE TRIG, 3-79

HARDCOPY, 3-175, 3-176, 3-183, 3-194

HELP, 3-199

HORIZONTAL MENU, 3-78, 3-118

InstaVu, 3-59

MEASURE, 3-129, 3-148

MORE, 3-13, 3-173, 3-207

ON/STBY, 1-7, 2-3

SETUP 저장/불러오기, 2-10, 3-12, 3-166, 3-175, 3-176

SELECT, 3-142, 용어집-8

SET LEVEL TO 50%, 3-79

SINGLE TRIG, 3-39, 3-80

STATUS, 3-197

TRIGGER MENU, 3-82, 3-83, 3-91, 3-95, 3-96, 3-101, 3-103, 3-107

UTILITY, 3-157, 3-182, 3-194

VERTICAL MENU, 2-19

WAVEFORM OFF, 2-21, 3-14, 3-46, 3-64

WAVEFORM 저장/불러오기, 3-169, 3-175, 3-176

ZOOM, 3-53, 3-54

단추 CH1, CH2..., 3-13

사이드 메뉴, 2-3

주 메뉴, 2-3

채널 선택, 2-17, 3-13

대역폭, 용어집-5

선택, 3-19

데스크, 3-158,

데스크젯, 3-181

데스크톱 출판, 3-182

하드카피, 3-165

도움말 시스템, 3-197

도움말, 접근, 3-197

도트, 3-41

돌출 메뉴, 2-8,

듀티 사이클, 2-23,

드라이브, File Utility 메뉴, 3-179

등가 시간 샘플링, 3-29, 3-71

등가-시간 샘플링, 랜덤, 용어집-6

등급, 펄스 트리거, 3-100

디스크 드라이브, 3-175

디스크, 하드카피를 저장하는 법, 3-188

디스플레이, 2-6

레코드 보기, 3-81

시스템, 용어집-6

옵션, 3-40-3-72

하드카피, 3-180

디지털타이징, 용어집-6

ㄹ

랙 설치, A-2

런트 트리거, 3-99, 3-100, 용어집-6

설정 방법, 3-103-3-124

레코드 길이, 3-22, 3-24, 용어집-6

옵션1M, A-2

옵션 2M, A-2

파생 연산 파형, 3-229
 통합 연산 파형, 3-233
 레코드 길이, DPO와 비호환, 3-66
 레코드 길이, Limit in Hi Res 모드, 3-23
 레코드 보기, 2-6, 3-15, 3-20, 3-81
 로직 트리거, 3-75, 3-88
 상태, 3-88, 용어집-6
 정의, 3-88
 판독값, 3-89
 패턴, 3-87, 용어집-6
 로직 트리거링, 3-86
 리밋 테스트, 3-201
 리밋 테스트, DPO와 비호환, 3-66

□

마스크

 사용자 수정, 3-153
 사용자 작성, 3-153
 사용자 저장, 3-154
 수평 위치, 3-152
 실패 한계값, 3-152
 통과/실패 테스트, 3-151
 파형의 최소 개수, 3-152

마스크 계산, 3-64, 3-148

마스크 반전, 3-149

마스크 한도, 3-152

마스크 테스트, 벨, 3-152

명암도, 용어집-6

메뉴

 돌출, 2-8,
 디스플레이, 3-41, 3-47
 상태, 3-197
 설정, 2-10, 3-12
 수평, 3-78, 3-118
 유틸리티, 3-182
 작동, 2-7
 저장/호출, 3-166
 저장/호출 이미지 히스토그램, 3-171
 저장/호출 파형, 3-169
 저장/호출 획득, 3-171, 3-174
 주, 2-6
 주 트리거, 3-82, 3-83, 3-91, 3-95, 3-96, 3-101,
 3-103, 3-107
 지연 트리거, 3-119-3-124
 추가, 3-173, 3-207, 3-211, 3-229

More 메뉴 참고

 측정, 3-129, 3-136
 커서, 3-141
 컬러, 3-47
 파일 유틸리티, 3-175, 3-176
 획득, 3-35, 3-202
 메모리, 파형, 3-172
 모델 번호 위치, 2-3
 모델, 설명서 참고, xii
 모델, 핵심 특성 및 차이점, 1-3
 미봉된 포스트스크립트, 3-165

ㅂ

배너, 표시하기, 3-199- 3-200

배송, C-1

버스트 폭, 3-126

벡터, 3-41 벡터 디스플레이, DPO와 비호환, 3-66

벨, 3-152

범용 노브, 2-7, 2-25, 용어집-7

범용(고 입력 저항) 프로브, D-1

보간, 3-30, 3-31, 3-44, 용어집-7

 FFT 변형, 3-221

 DPO와 비호환, 3-66

 선형 대 $\sin(x)/x$, 3-221

 줌, 3-53

보기 설정, 2-9

보정, 패시브 프로브, 3-6

보조 트리거, 3-74

블랙맨-해리스 창, 3-213

비밀 괄호, 2-5

ㅅ

사이드 메뉴 단추, 2-3, 용어집-7

사이드 메뉴, 용어집-7

사이클 RMS, 3-127, 용어집-7

사이클 구역, 3-126, 용어집-7

사이클 평균, 3-126, 용어집-7

사전 트리거, 용어집-3

사후 트리거, 용어집-3

상승 시간, 2-23, 3-128, 용어집-8

상승 에지, Delayed Trigger 메뉴, 3-122

상승 에지, Main Trigger 메뉴, 3-86, 3-95, 3-96

상태 트리거, 3-78, 3-95-3-124

설정 방법, 3-95-3-124
 상태, 설정 찾기, 3-197
 색, 3-47
 설정 방법, 3-47
 샘플 Acquisition 모드, 3-32, 용어집-8
 샘플 간격, 용어집-8
 샘플링 및 Acquisition 모드, 3-36
 샘플링 및 디지털라이징, 3-27
 샘플링 속도, 최대, 3-31
 샘플링, 3-28, 용어집-8
 선택된 파형, 용어집-8
 선형 보간, 3-30, 3-44, 용어집-7
 설정 저장 및 호출하기, 2-28, 3-165
 설정, 저장 및 불러내기, 3-165
 설치, 1-6
 소광 dB, 3-128
 소광 %, 3-128
 소광률, 용어집-2
 소프트웨어 버전, 3-197
 수준, 트리거, 3-78
 수직 데스큐, 3-158
 수직 메뉴
 20 Mhz, 3-19
 250 Mhz, 3-19
 Bandwidth, 3-19
 Cal Probe, 3-158
 Coupling, 3-18
 Deskew, 3-158
 External Attenuation, 3-19
 Fine Scale, 3-19
 Full, 3-19
 Offset, 3-19
 Position, 3-19
 Set to Zero, 3-19
 수직 위치, FFT의 DC 교정, 3-219
 수직 POSITION 노브, 3-16, 3-54
 수직 SCALE 노브, 3-16, 3-54
 수평
 SCALE 노브, 2-14
 막대 커서, 3-139, 용어집-9
 메뉴, 3-78
 스케일, 3-21
 시스템, 2-14
 위치, 3-21
 제어, 3-21-3-72
 판독값, 3-20

수평 위치, 3-152
 수평 POSITION 노브, 3-21, 3-54
 수평 SCALE 노브, 3-21, 3-54
 수평 측정값, 3-20
 스냅샷, 판독값, 3-135
 스위치, 주 전원, 1-7, 2-5
 스케일, 수직, 3-219, 3-231, 3-237
 스포러, 하드카피, 3-187
 슬로울 설정, How derived, 3-110
 슬로울 트리거, 3-99, 용어집-9
 600ps 한계, 3-109-3-124
 7.5ns 한계, 3-109-3-124
 설정 방법, 3-107-3-124
 슬로울 트리거, 3-101
 시간축, 용어집-12
 시작, 1-5
 신호 경로 보정, 1-5, 3-156
 실시간 샘플링, 3-28
 실시간 샘플링, 용어집-9
 쌍 커서, 3-139

O

아이콘, File Utility 메뉴, 3-167, 3-170, 3-171, 3-177, 3-179
 알고리즘, B-1
 액세서리, A-1
 선택 품목, A-5- A-10
 소프트웨어, A-9
 표준, A-4, A-9
 프로브, A-6
 액티브 커서, 용어집-9
 언어 옵션, 옵션L, A-3
 에버리지, Acquisition 모드, 3-32, 3-71,
 에일리어싱, 3-39, 3-221, 용어집-9
 에지 트리거, 3-75, 3-82, 용어집-9
 설정 방법, 3-83
 판독값, 3-82
 엔벨로프, DPO와 비호환, 3-66
 엡스, 3-181
 연산 파형
 FFT. FFT 연산 파형 참고
 파생. 파생 연산 파형 참고
 통합. 통합 연산 파형 참고
 연산 파형, 3-209
 Disallowed in DPO , 3-67

DPO와 비호환, 3-66
 오버슈트, 용어집-9
 오실로스코프, 용어집-9
 오프셋
 DC, DC 오프셋 참고
 Vertical, 3-19
 vertical, 3-219, 3-231, 3-237
 온도 보정, 3-156
 옵션, A-1
 옵션 1G, A-1
 원격 작동
 GPIB와 연결, 3-193
 GPIB 인터페이스 요건, 3-191
 GPIB 프로토콜, 3-191
 연결 케이블, 3-192
 원격 기기와 통신, 3-191
 준비, 3-191
 절차, 3-193
 포트 선택과 구성, 3-194
 원격 통신, 3-191-3-196
 위상 억제, 3-223
 위상, 3-128 용어집-9
 위치,
 Vertical, 3-17
 vertical, 3-219, 3-231, 3-237
 유틸리티 메뉴
 OK Erase Ref & Panel Memory, 3-167
 Tek Secure Erase Memory, 3-167
 유틸리티 메뉴, 3-182
 Configure, 3-182, 3-194
 GRIB, 3-194
 Hardcopy, 3-194
 Hardcopy (Talk $\downarrow$ 해당), 3-182
 I/O, 3-182
 Off Bus, 3-194
 Port, 3-194
 System, 3-182
 Talk/Listen Address, 3-194
 윤활, E-2
 응용 프로그램
 FFT 연산 파형, 3-209
 파생 연산 파형, 3-228
 통합 연산 파형, 3-233
 이중 창 줌, 3-56
 인터리빙(interleaving), 3-31, 용어집-7
 일련 번호, 2-5

ㅈ

자가 진단, 1-8
 자동 설정, 2-15, 3-9, 용어집-1
 기본 설정, 3-10
 실행 방법, 3-9
 마스크, 3-150
 자동 측정, 2-22, 3-126
 FFT math, 파형, 3-216
 통합 연산 파형, 3-237
 파생 연산 파형, 3-230
 (절차), 3-230
 자동 측정, 스냅샷, 2-27
 자동 트리거 모드, 3-76, 용어집-10
 잡음
 FFT에서 줄이기, 3-220
 FFT 위상에서 줄이기, 3-213, 3-223
 장방향 창, 3-213
 재설정, 실행 방법, 3-12
 저, 3-127, 용어집-3
 저장
 파형, 3-168
 획득, 3-168
 저장, 설정, 3-165
 전원 연결, 1-7
 전원 중단, 1-8
 전원 커넥터, 1-7, 2-5
 전원 코드, A-1
 전파 지연, 3-127
 절차, 검사와 청소, E-1-E-2
 접지 커플링, 용어집-5
 정확도, 용어집-1
 제품 설명, 1-1
 주 메뉴 단추, 2-3, 용어집-10
 주 메뉴, 용어집-10
 주 전원 스위치, 1-7, 2-5
 주파수, 2-22, 3-127, 용어집-11
 중간, 3-147
 중지, 트리거, 3-76, 용어집-14
 지연 시간, 용어집-11
 지연 시간측, DPO와 비호환, 3-66
 지연 측정, 3-134, 용어집-11
 지연 트리거, 3-78, 3-117-3-124
 설정 방법, 3-118
 지연 트리거할 수 있는, 3-78
 진폭, 3-126, 용어집-11

ㄸ

차동

파생, 3-228

파형, 3-228

차동 액티브 프로브, D-4

참조 수준, 2-24

측정 정의, 3-132

참조 표시, 채널, 3-12

채널 참조 표시, 용어집-11

채널 판독값, 2-6

채널, 선택, 3-12

채널, 용어집-11

선택 단추, 2-17, 3-13

참조 표시, 2-6 3-12

트리거 입력, 3-74

판독값, 2-6, 3-12, 3-54

채널-프로브 deskew, 3-158, 용어집-11

최대, 3-127, 용어집-3

최소, 3-127, 용어집-3

측정

Automated, 2-22

게이트, 3-130

격자, 3-144

등급, 3-125

스냅샷, 3-135

알고리즘, B-1

자동, 3-126

자동 목록, 3-126, 3-147, 3-164

커서, 3-138

측정

Mean $\pm$ 1 StdDev, 3-147

Mean $\pm$ 2 StdDev, 3-147

Mean $\pm$ 3 StdDev, 3-147

Mean dBm, 3-128

Hits in Box, 3-147

Peak Hits, 3-147

Pk-Pk, 3-147

RMS, 3-128, 용어집-4

StdDev, 3-147

게이트, 용어집-5

고, 3-127, 용어집-2

구간, 3-128, 용어집-9

구역, 3-126, 용어집-1

네가티브 듀티 사이클, 3-127

네가티브 오버슈트, 3-127

네가티브 폭, 3-127

듀티 사이클, 2-23

마스크 계산, 3-148

버스트 폭, 3-126, 용어집-7

사이클 구역, 3-126, 용어집-7

사이클 평균, 3-126, 용어집-7

사이클 RMS, 3-127, 용어집-7

상승 시간, 2-23, 3-128, 용어집-8

소광 %, 3-128

소광 dB, 3-128

소광률, 3-128

위상, 3-128, 용어집-10

저, 3-127, 용어집-3

전파 지연, 3-127

주파수, 2-22, 3-127, 용어집-11

중간, 3-147

지연, 3-134, 용어집-11

진폭, 3-126, 용어집-11

참조 수준, 2-24

최대, 3-127, 용어집-3

최소, 3-127, 용어집-3

파형 계산, 3-147

판독값, 3-128, 3-129

평균, 3-127, 3-147

포지티브 듀티 사이클, 3-128

포지티브 오버슈트, 3-128

포지티브 폭, 3-128

폭, 2-23, 용어집-5, 용어집-11

폴 타임, 3-127

피크-피크, 3-127, 용어집-3

히스토그램, 3-148

히스토그램 계산, 3-145

측정 정밀도, 최대 보장, 3-156, 3-158

측정의 스냅샷, 2-27, 3-135

ㅋ

커넥터

AUX TRIGGER INPUT, 2-5

Centronics, 2-5

DELAYED TRIGGER OUTPUT, 2-5

GPIO, 2-5, 3-192

MAIN TRIGGER OUTPUT, 2-5

전원, 2-5

RS-232, 2-5

SIGNAL OUTPUT, 2-5

VGA, 2-5
 커서
 모드, 3-139
 수평 막대, 3-139
 수직 막대, 3-139
 쌍, 3-139
 조정 반응 설정(속도), 3-143
 측정, 3-138
 판독값, 3-140
 커서 판독값
 수직 막대, 3-216, 3-230, 3-236
 수평 막대, 3-114, 3-230, 3-235
 쌍, 3-230
 쌍 커서, 3-216, 3-237
 커서, 3-138, 용어집-11
 FFT 파형, 3-214
 사용법, 3-141
 파생 파형, 3-230
 통합 파형, 3-235
 커플링, 2-19
 선택, 3-18
 접지, 용어집-5
 트리거, 3-77
 케이블, 3-192
 클리핑
 FFT 연산 파형, 2-219
 파생 연산 파형, 3-231
 피하는 방법, 3-219, 3-231, 3-237
 통합 연산 파형, 3-237
 키패드, 2-7, 2-26

E

텔레콤 트리거, 3-113
 설정 방법, 3-114
 통과/실패 테스트, 마스크, 3-151
 통신 기호 분석, A-2
 통합 연산 파형, 3-233
 디스플레이 절차, 3-234
 레코드 길이, 3-233
 응용, 3-233
 자동 측정, 3-237
 측정 절차, 3-235
 파생, 3-233
 확대, 3-232, 3-238
 통합, 파형, 3-233

트리거 MAIN LEVEL 노브, 2-15, 3-78
 트리거 막대, 2-6, 3-71
 트리거 상태 표시등, 3-80
 트리거 설정/대기
 네가티브 설정 또는 대기 시간, 3-89
 최대 대기 시간, 3-89
 트리거 포인트 위치, 3-89
 포지티브 설정 또는 대기 시간, 3-89
 트리거 설정/대기, 3-87
 설정 방법, 3-96-3-124
 트리거 설정/대기, 3-88
 트리거 수준 막대, 판독값, 3-42, 3-71
 트리거, 글리치, 설정 방법, 3-101
 트리거, 대역폭, 설정 방법, 3-106-3-124
 트리거, 런트, 설정 방법, 3-103-3-124
 트리거, 슬루율, 설정 방법, 3-107-3-124
 트리거, 예지, 설정 방법, 3-83
 트리거, 지연, 설정 방법, 3-118
 트리거, telecom, 설정 방법, 3-114
 트리거, 타임아웃, 설정 방법, 3-111-3-124
 트리거 포인트, 판독값, 3-42, 3-71
 트리거, 3-73-3-124, 용어집-12
 AC 라인 전압, 3-74
 Comm, 3-75
 Timeout, 3-99, 3-101, 3-111, 용어집-12
 글리치, 3-99, 3-100, 용어집-1
 기울기, 3-78
 런트, 3-99, 3-100, 용어집-6
 로직, 3-75, 3-86, 3-88
 모드, 3-75
 보조 장치, 3-74
 비디오, 3-75
 상태 표시등, 3-80
 상태, 3-87, 3-95-3-124
 설정/대기, 3-87, 3-88, 3-96-3-124
 소스, 3-74
 수준, 3-78, 용어집-12
 슬루율, 3-99
 슬루율, 3-101, 용어집-9
 예지, 3-75, 3-82, 용어집-4
 위치, 3-22, 3-71, 3-77
 중지, 3-76
 지연, 3-78
 지연된, 3-117-3-124
 커플링, 3-77
 텔레콤, 3-113

판독값, 3-81
 패턴, 3-86, 3-91
 펄스, 3-75, 3-99
 폭, 3-99, 3-106
 형식, 3-82-3-124
 트리거링, Auto 모드, DPO와 비호환, 3-66

표

파생 연산 파형, 3-229
 디스플레이 절차, 3-229
 레코드 길이, 3-229
 응용, 3-228
 측정 절차, 3-230
 파생, 3-229
 파생, 3-211
 파일 시스템, 3-175
 파형, 용어집-12
 자동설정, 3-9
 오실로스코프에 커플링, 3-5
 간격, 용어집-13
 연산, 3-206
 끄기 우선 순위, 3-14
 포맷 저장, 3-172
 파형 및 설정 저장하기, 3-165
 파형 저장 및 호출하기, 3-168
 파형 측정, 3-125
 파형 커플링, 3-5
 파형 트리거링, 3-73
 파형 획득 및 디스플레이, 3-5
 판독값
 레코드 보기, 2-6
 로직 트리거, 3-89
 범용 노브, 2-6
 스냅샷, 3-135
 시간축, 2-6
 에지 트리거, 3-82
 채널, 2-6, 3-12, 3-54
 측정, 3-128, 3-129
 커서, 2-6
 트리거 수준 조절기, 3-42
 트리거 포인트, 3-42
 트리거, 2-6, 3-81
 획득, 3-35
 판독값, 커서
 수직 막대, 3-216, 3-230, 3-236
 수평 막대, 3-214, 3-230, 3-235
 쌍 커서, 3-216, 3-237
 판독값, 커서, 쌍, 3-230
 패시브 전압 프로브, D-1
 패키징, C-1
 패턴 트리거, 3-86
 설정 방법, 3-91
 펄스 트리거, 3-75, 3-99
 클래스 정의, 3-99
 펄스 트리거, 정의, 3-100
 펄웨어 버전, 3-197
 평균, 3-127, 3-147
 포스트스크립트, 3-181
 포지티브 듀티 사이클, 3-128
 포지티브 오버슈트, 3-128
 포지티브 폭, 3-128
 폴 타임, 3-127
 퓨즈, 1-6, 2-5
 프로그래머 설명서, F-1
 프로그래밍 예, F-1
 프로그래밍, GPIB, F-1
 프로브
 P6205 액티브, 1-5
 고속, D-4
 고압, D-2
 고정 액티브, D-4
 광학, D-5
 낮은 임피던스 Z_0 , D-2
 범용(고 입력 저항), D-1
 보정 신호, 2-14
 보정, 2-17, 용어집-13
 선택, D-1
 액세스리, A-6
 액티브 전압, D-3
 연결, 2-9
 옵션 24to add, A-1
 옵션 26 to add, A-1
 옵션 27 to add, A-1
 옵션 2D to delete, A-3
 옵션 31 to add, A-3
 옵션 32 to add, A-3
 옵션 33 to add, A-3
 옵션 34 to add, A-3
 옵션 35 to add, A-3
 옵션 36 to add, A-3
 옵션 37 to add, A-3

옵션 4D to delete, A-3
 전류, D-4
 정의, 용어집-13
 차동 액티브, D-4
 패시브 전압, D-1
 패시브, 3-6
 프로브 교정, 3-158
 프로브 사용법, 1-5
 프로브-채널 데스크, 3-158, 용어집-11
 프론트 커버 제거, 1-7
 프론트 패널, 2-4
 프린터, 3-179
 픽셀, 용어집-14

ㅎ

하강 에지, Delayed Trigger 메뉴, 3-122
 하강 에지, Main Trigger 메뉴, 3-86, 3-95, 3-96
 하드 디스크, 옵션 HD, A-1
 하드카피, 3-180, 용어집-14
 디스크에 저장하기, 3-188
 설정하기, 3-182
 스플, 3-187
 인쇄(제어기 없음), 3-186
 인쇄(제어기), 3-189
 하드카피 인쇄하기, 3-180
 DPO 디스플레이, 3-181
 해닝 창, 3-213
 해밍 창, 3-213
 현재 프로브, D-4
 호출
 파형, 3-168
 획득, 3-168
 호출, 설정, 3-165
 확장 획득 길이, 3-24
 활성 전압 프로브, D-3
 획득 길이, 옵션 2M, A-2
 획득 메뉴, 3-35
 Average, 3-33
 Average 모드, 3-202
 Compare Ch1 to, 3-204
 Compare Ch2 to, 3-204
 Compare Ch3 to, 3-204
 Compare Ch4 to, 3-204
 Compare Math1 to, 3-204
 Compare Math2 to, 3-204
 Compare Math3 to, 3-204
 Create Limit Test Template, 3-202
 Envelope, 3-35
 H Limit, 3-203
 Hardcopy if Condition Met, 3-205
 Hi Res, 3-35
 Limit Test, 3-205
 Limit Test Condition Met, 3-205
 Limit Test Setup, 3-204, 3-205
 Limit Test Source, 3-204
 OFF(Real Time Only), 3-36
 OK Store Template, 3-203
 ON(Enable ET), 3-36
 Peak Detect, 3-35
 Repetitive Signal, 3-36
 Ring Bell if Condition Met, 3-205
 RUN/STOP, 3-38
 Sample, 3-35
 Single Acquisition Sequence, 3-38
 Stop After, 3-37, 3-205
 Stop After Limit Test Condition Met, 3-205
 Template Source, 3-202
 V Limit, 3-203
 리미트 테스트, 3-202
 획득 저장 및 호출하기, 3-168
 획득, 3-27,
 모드, 엔벨로프, 3-32
 판독값, 3-35
 모드
 Hi Res, 3-34
 HiRes, 3-71
 Peak detect, 3-32
 샘플, 3-32
 에버리지, 3-32, 3-71
 엔벨로프, 3-71
 후면 패널, 2-5
 히스토그램
 계산, 3-145
 측정, 3-148
 메뉴, 3-146

