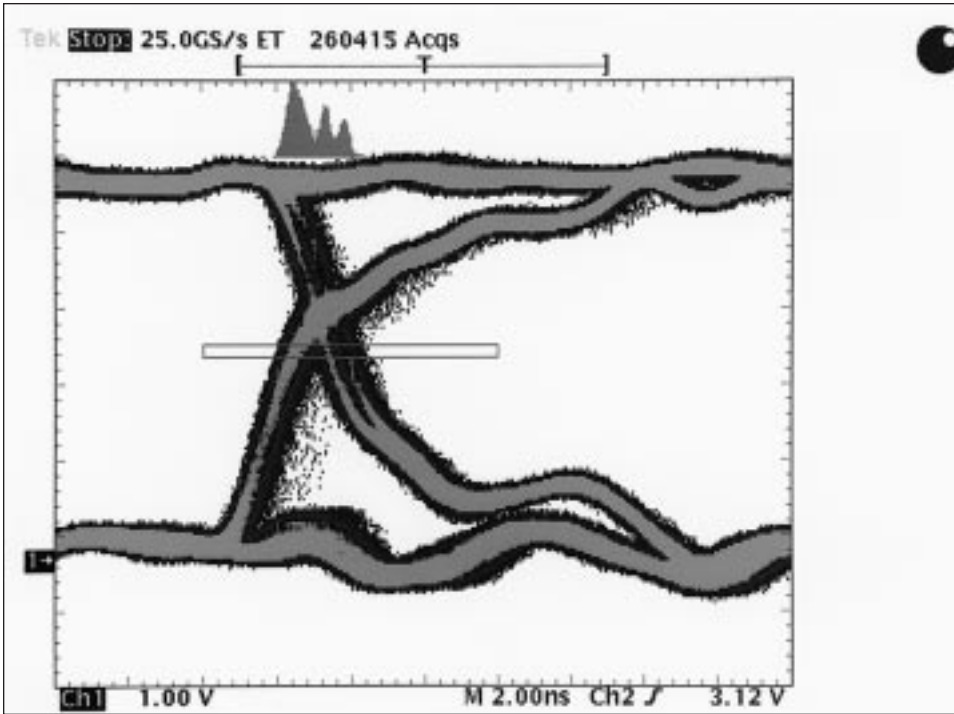


통신 종속 신호 테스트



광통신 네트워크용 SONET/SDH 표준은 운송 하부 구조를 충족하는 가장 포괄적인 수단이다.

SONET/SDH의 구성 유연성과 대역폭 가용성의 증가는 기존 통신 시스템에 상당한 이점을 제공한다.

그러나 SONET/SDH 광섬유 통신 네트워크의 데이터 용량이 증가함에 따라 장비 제조업

체, 네트워크 운영자 그리고 최종 사용자들은 시스템에 고장이 발생할 경우 엄청난 손실을 겪게 된다. 따라서 네트워크에 들어가는 신호의 테스트 및 나오는 신호의 분석이 대단히 중요해졌다. 소위 "종속 속도(tributary rate)" 신호 (즉, 광 OC 12/STM-4와 전기 DS1 및 E1)를 테스트하여 신호가 광대역 네트워크에 분

산되기 전에 표준을 준수하는지 반드시 확인해야 한다.

종속 신호 테스트의 중요 요소는 장비의 물리계층을 테스트하는 것이다. 물리계층은 개방 시스템간 상호 접속 (Open Systems Interconnection: OSI) 네트워크 모델에서 최하위 층이다. 표 1에는 종속 광속 신호의 여러 가지 물리계층 사양을 나열하였다.

표 1. SONET/SDH 물리계층 사양

회선 속도	신호 종류	매체	비트율
OC-1/STM-0	광 (1310nm 또는 1550nm)	단일 모드 섬유	51.84Mb/s
OC-3/STM-1	광 (1310nm 또는 1550nm)	단일 모드 섬유	155.52Mb/s
OC-12/STM-4	광 (1310nm 또는 1550nm)	단일 모드 섬유	622.08Mb/s

표 2. 물리계층 사양

회선 속도	신호 종류	데이터 인코딩	매체	비트율
ANSI T1.102.DS1	전기	AMI	100Ω 평형쌍	1.544 Mb/s
ANSI T1.102.DS3	전기	AMI/B3ZS	75Ω 동축 케이블	44.736 Mb/s
ITU-T E1	전기	AMI/HDB3	120Ω 평형쌍/ 75Ω 동축 케이블	2.048 Mb/s
ITU-T E2	전기	AMI/HDB3	75Ω 동축 케이블	8.448 Mb/s
ITU-T E3	전기	AMI/HDB3	75Ω 동축 케이블	34.368 Mb/s
STS-1	전기	AMI/B3ZS	75Ω 동축 케이블	51.84 Mb/s
STS-3/STM-1E	전기	CMI	75Ω 동축 케이블	155.52 Mb/s

표 2에서는 몇 가지 전기 종속 속도 신호의 특성을 나열하였다.

이 Application Note에서는 디지털 포스퍼 오실로스코프 (Digital Phosphor Oscilloscope: DPO)를 사용하여 종속 신호의 물리계층 테스트를 수행하는 방법을 설명한다. 여기에서 논의하는 측정에는 설계 디버깅, 산업 표준의 준수 여부 확인 그리고 신호 특성에 대한 오실로스코프의 일부 기능을 중점적으로 설명한다. 모든 사례는 통신 신호 분석기 옵션이 갖추어진 Tektronix TDS 700D 시리즈 또는 TDS 500D 시리즈 DPO를 사용하여 테스트된다.

통신 설계 디버깅

다음은 물리계층 테스트에 사용할 수 있는 장비에 대한 요약이다.

샘플링 오실로스코프. 엔지니어들은 통신 송신기를 설계할 때 발생할 수 있는 간헐적인 이상을 포착해야 한다. 또한 장치 출력을 관찰하여 그 변수가 허용 가능한 한계 내에 있

는지를 결정해야 한다. 과거에는 OC-12/STM-4와 같은 고속 통신 신호의 관찰은 높은 대역폭의 샘플링 오실로스코프로만 가능했다. 게다가, 통신 측정 기능이 내장된 오실로스코프의 사용이 불가능했기 때문에 샘플링 오실로스코프가 필요했다. 샘플링 오실로스코프는 트리거 당 한 포인트를 사용하여 데이터를 획득한다. 샘플링 오실로스코프는 파형을 만드는데 수백 개의 트리거를 사용한다. 이런 느린 듀티 사이클 획득은 반복적인 특성을 가진 고속 통신 신호에도 잘 적용된다. 그러나 샘플링 오실로스코프를 사용하여 충분한 파형 데이터를 획득하는데 시간이 많이 걸리기 때문에 비정상적인 이벤트를 포착할 가능성은 없다.

비트 에러 테스트. 비트 에러 테스트 (Bit error rate testers: BERT)는 통신 설계에 자주 사용되는 장비 가운데 하나다. BERT 송신기는 알려진 데이터 패턴을 출력하여 테스트 중인 장치를 유도한다. BERT 수신기는 장치의 출력 데이터를 수신하여 비트 에러가 발생하는지를 찾는다.

BERT는 테스트 중인 통신 장치가 잘 작동하여 입력을 수신하고 데이터를 송신하는 경우에만 아주 드물게 발생하는 오류를 찾는데 매우 효과적이다.

BERT는 설계가 작동하지 않으면 설계자가 문제의 원인을 찾는데 도움을 주지 못한다. 송신기가 작동하지 않거나 "부분적으로" 작동할 경우, 설계를 디버깅하는데 오실로스코프가 매우 중요한 역할을 한다. 디지털 데이터에 대한 DPO의

그래픽 디스플레이는 문제의 원인을 쉽게 찾도록 해준다. 이와는 대조적으로, BERT 수신기는 비트 에러율을 보여 주는 수치 디스플레이만을 갖추고 있다.

디지털 포스퍼 오실로스코프 (DPO). 실시간 오실로스코프는 종종 통신 하드웨어 디버깅의 경우에 최고의 테스트 도구로 간주된다. 실시간 획득을 갖춘 DPO는 샘플링 스코프가 측정하지 못하는 드물게 발생하는 문제를 찾을 수 있는 기능이 있다. 또한 BERT의 대용은 아니지만, DPO에는 사용자가 송신기의 출력을 관찰하고 간헐적인 문제가 있을 경우 즉시 알려 주는 파형 밝기 등급 표시가 있기 때문에, BERT에게는 매우 중요한 도구다.

대부분의 경우에 DPO에 사용되는 고급 트리거링은 신호 오류가 발생하는 장소를 신속하게 찾아 준다. TDS 시리즈 DPO는 통신, 논리 및 펄스 폭 트리거링을 포함해 다섯 가지 다른 범주를 제공한다. 이들 고급 트리거링을 사용하면 통신 문제를 신속하게 디버깅할 수 있다. 예를 들어, 그림 1은 펄스 순서 중 여덟번째 펄스에서 극성을 위반하는 교번 표시 반전(Alternate Mark Inversion: AMI) 신호를 보여 준다. 이 극성 위반은 TDS 오실로스코프의 타임아웃 트리거 기능을 사용하여 발견한다. 타임아웃 트리거 기능에서 TDS는 지정된 기간 동안에 고(high)에서 저(low)로 변이가 전혀 없을 경우 트리거한다. 이 경우에 DPO는 AMI 신호가 제한된 개수의 영(0)만 가질 수 있다는 점을 이용하도록 설정되었다. 영의 극성을 가진 논리 1을 예상했지만 발생하지 않았던 신호의 데이터 패턴을 찾는데 타임아웃 트리거를 사용하였다.

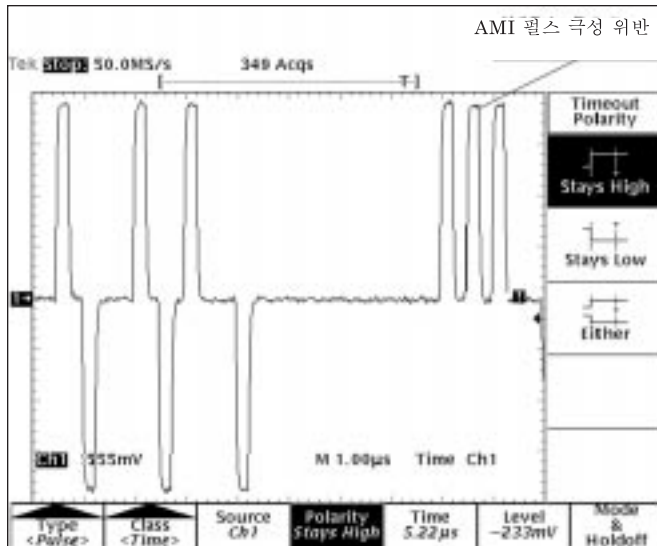


그림 1. 타임아웃 트리거링으로 포착한 AMI 펄스 위반

표준 검증

통신 시스템은 연구실에서 네트워크가 설치된 장소로 이동하기 전에 ANSI T1 또는 ITU-T G.708과 같은 산업 표준을 준수하는지 테스트되어야 한다. 이들 표준은 통신 속도, 펄스 폭, 최대 진폭, 소광비 및 펄스 모양과 같은 물리계층 신호 변수를 나타낸다. 마스크 테스트 요건. 펄스 폭 및 진폭처럼 필히 갖추어야 할 측정의 대부분은 오실로스코프를 사용하여 수동으로 측정하거나 DSO의 자동 측정을 사용하여 자동으로 측정할 수 있다. 신호가 오실로스코프 디스플레이의 어느 구역에 있어야 하는지를 정의하는 마스크는 펄스 모양 테스트를 지정한다. 이들 마스크는 테스트하는 신호의 종류마다 다르다. 저속 통신 전기 종속 신호의 경우에는 대부분 단일 양 또는 음의 펄스에 대한 마스크가 정의된다. 고속 전기 및 광신호의 경우는 아이디어가 그래프 마스크

가 정의된다. 각 마스크 종류의 예는 그림 2에 있다.

패스/패일 테스트. TDS 700D/500D 시리즈 DPO는 산업 표준 통신 마스크를 표시할 수 있다. 마스크가 TDS 화면에 표시되면 자동 설정 (AUTOSET) 단추를 사용하여 마스크 경계 안에 테스트 신호의 중심을 신속하게 맞출 수 있다. 또한 TDS에 내장된 고급 DSP 처리 기능을 사용하여 DPO는 현재 획득한 파형을 마스크 경계와 비교하여 마스크 위반 ("적중(hit)"이라고도 함)이 발생하는지 알아볼 수 있다. TDS 디스플레이의 판독값은 마스크 적중이 발생하는 장소와 발생 정도를 사용자에게 보여 준다. 마지막으로 사용자 정의된 파형 개수가 획득되었을 때, 장치가 마스크 경계를 넘는지의 여부를 결정하도록 자동 패스/패일 마스크 테스트를 설정할 수 있다. 그림 3은 패스 또는 패일을 테스트 중인 2 Mb/s 펄스 파형을 보여 준다.

통신 패턴 트리거링. 표준 마스크 테스트를 하려면 대부분의 DSO에는 없는 고유한 데이터 식별 능력, 즉 선행 및 후행 제로(영)가 있는 양의 펄스와 같은 데이터 패턴을 찾아 트리거할 수 있는 오실로스코프가 있어야 한다. 종속 신호를 테스트하기 위해 정의된 다수의 표준 마스크에는 신호가 위반을 일으키지 않고 마스크에 충분히 들어오고 나갈 수 있을 만큼 제로(영)가 되어야 하는 구역이 있다. 그림 4는 논리 1 펄스를 둘러싸고 있는 선행 및 후행 비트가 최소한 한 비트 시간 동안 제로(영)가 되어야 하는 DS1 마스크를 보여 준다. 표시된 신호는 절연된 신호임을 보여 준다.

DS1 신호에 대한 ANSI T1.102 사양은 DS1 마스크가 테스트하는 신호에 4개의 선행 제로와 한 개의 후행 제로가 있는 펄스를 필요로 한다. TDS 700D/500D DPO에는 무작위 데이터 흐름에 존재하는 절연된 신호들을 찾아 트리거할 수 있는 통신 트리거가 있다. 다른 종속 신호에 대한 마스크는 부호 표시 반전 (code mark inversion: CMI) 양수 1, 음수 1 또는 제로 파형과 같은 특정 파형을 테스트하도록 설계되었다.

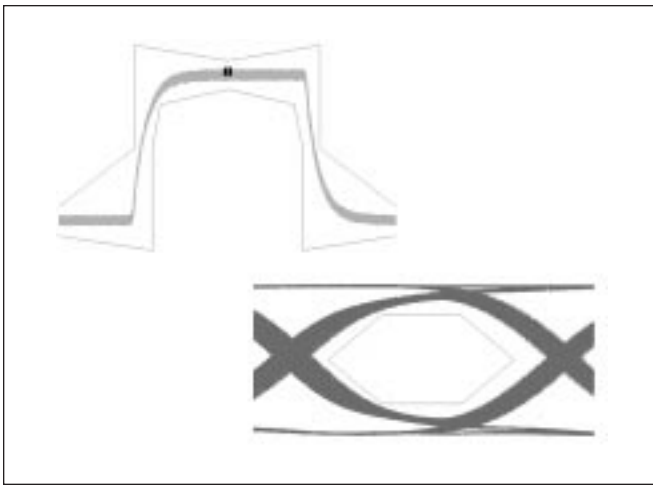


그림 2. 펄스와 아이디어 그래프의 예

그림 3의 DPO 판독값은 원하는 파형 개수와 획득된 파형 개수를 보여 준다. 또한 "패스"한 판독값은 테스트의 현재 상태를 보여 준다. 마스크 위반 횟수가 사용자가 지정한 한계값을 초과하면 판독값이 "패일"로 변한다. 이런 종류의 테스트를 사용하면 연구실에서 뿐만 아니라 제조 시에 자동 테스트도 가능하다.

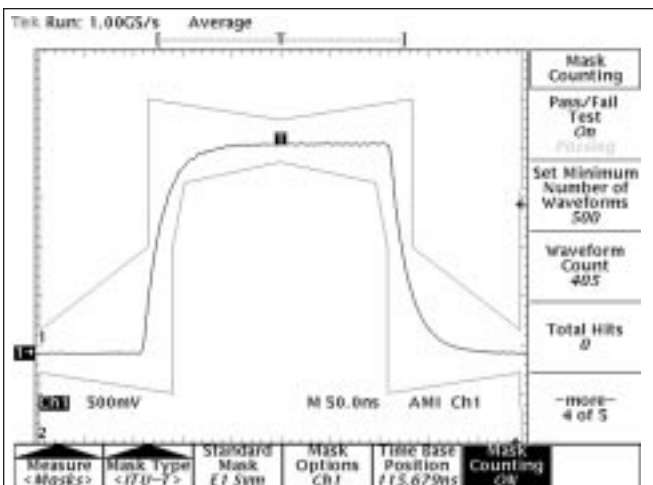


그림 3. 2 Mb/s 펄스에서의 패스/패일 마스크 테스트

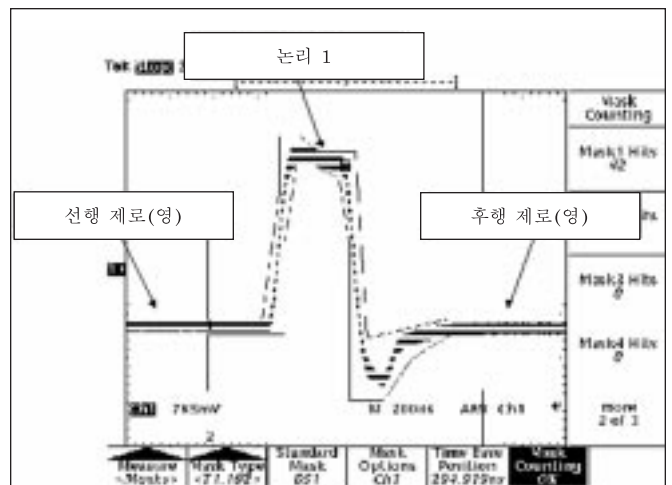


그림 4. DS1 절연된 하나의 펄스

통신 트리거링 없이 마스크 테스트를 제대로 수행하려면 송신기는 모든 절연된 신호들과 같이 지정된 패턴을 출력해야 한다. 거짓 무작위 데이터와 같은 실제의 통과 신호를 가진 장치들 테스트하려면, 오실로스코프는 마스크 테스트를 수행하기 전에 특정 비트 패턴을 찾아 트리거해야 한다.

반전된 마스크. AMI와 같이 양극 신호를 가진 많은 표준들은 양과 음 극성 펄스에서의 마스크 테스트를 필요로 한다. 예를 들어, ITU-T G.703 표준은 양쪽 펄스 극성을 모두 테스트할 것을 필요로 한다. TDS 펄스 마스크를 사용하면 이런 테스트를 수행하도록 마스크를 반전시킬 수 있다. 또한 통신 트리거 기능을 사용하면 절연된 -1은 물론 +1에서도 트리거링할 수 있다. 반전된 펄스 마스크 테스트는 그림 5에 나타나 있다.

광학 기준 수신기. 오실로스코프로 OC-12/STM-4와 같은 중속 광신호를 테스트하려면 광전력에서 전기 전압으로 광신호를 변환해야 한다.

DPO로 광통신 데이터 신호를 측정하는데 광-전기(Optical-to-Electrical: OE) 컨버터 장비를 사용할 수 있다.

Tektronix P6703B OE 컨버터는 1100nm과 1650nm 사이의 광신호를 그에 비례하는 전기 신호로 변환시키는 OE 컨버터의 한 예이다.

P6703B는 Tektronix TDS 오실로스코프와 함께 사용할 때 가장 잘 작동한다.

광통신 테스트, 특히 마스크 테스트의 또 한가지 요건은 광학 기준 수신기이다. 광학 기

준 수신기는 반드시 독립된 장치는 아니고 광마스크 테스트에 사용되는 측정 장치의 시스템 사양이다. 광마스크 테스트에 사용되는 시스템은 그림 6에 표시된 곡선과 같은 주파수 응답을 가져야 한다.

TDS 700D/500D 디지털 포스퍼 오실로스코프에서 DPO와 OE 컨버터의 옵션 사항인 시스템 캘리브레이션을 사용하면 한 쌍의 장치를 광학 기준 수신기에 대한

SONET/SDH 표준 요건과 정확히 일치시킬 수 있다.

TDS 광학 기준 수신기 주파수 응답은 TDS 오실로스코프에서 고급 디지털 필터링을 사용하여 얻을 수 있다. TDS 오실로스코프는 광학 기준 수신기에 디지털 필터를 사용함으로써, 다중 표준 통신 속도를 지원할 수 있다. 또한 디지털 필터 응답은 이상적인 주파수 응답에 보다 가까운 응답이다.

개선된 이 필터 응답은 산업 표준 한계보다 상대적으로 많은 한도를 가지고 있다. TDS 700D/500D DPO를 P6703B OE 컨버터와 함께 사용하면 OC-1, OC-3/STM-1 및 OC-12/STM-4 광신호를 측정하는데 요구되는 광학 기준 수신기 주파수 응답을 일치시킬 수 있다. 또한 사용자는 TDS 디지털 필터링을 사용하여 다양한 통신 속도 사이를 빠르고 쉽게 전환할 수 있다.

소광비. SONET/SDH 표준이 지정하는 또 다른 광학 표준 준수 여부 측정은 소광비다. 소광비 측정은 논리 1(E1)의 평균 전력 레벨과 논리 0(E0)의 평균 전력 레벨의 비율이다.

$$\text{소광비} = 10 \log \frac{E_1}{E_0}$$

소광비는 디지털 신호의 변조 깊이를 측정된 값이다. 이 비율이 높으면 BER이 증가하기 전에 송신 시스템이 왜곡에 저항해야 하는 한도가 커진다. 시스템 소광률에 요구되는 범위는 표준 요건과 통신 속도 요건에 의해 설정된다. TDS 700D/500D DPO는 소광비를 자동으로 측정할 수 있다. 결과적으로 측정은 어렵지 않지만 정확한 소광비를 측정하기 위해서는 따라야 할 권고 사항이 있다.

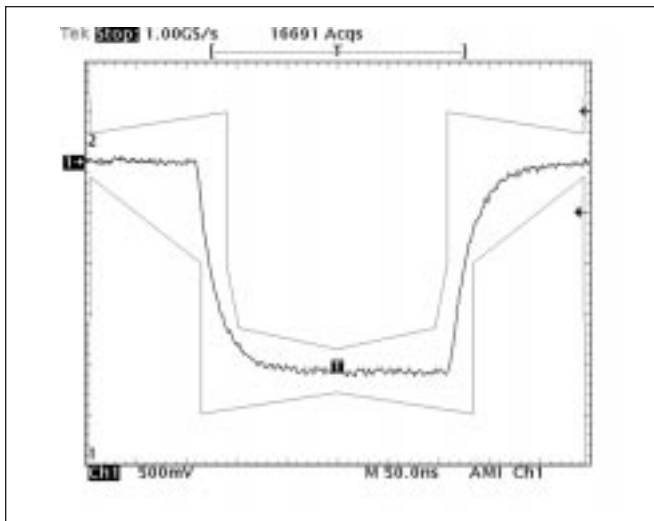


그림 5. 2 Mb/s 펄스에서의 반전 마스크 테스트

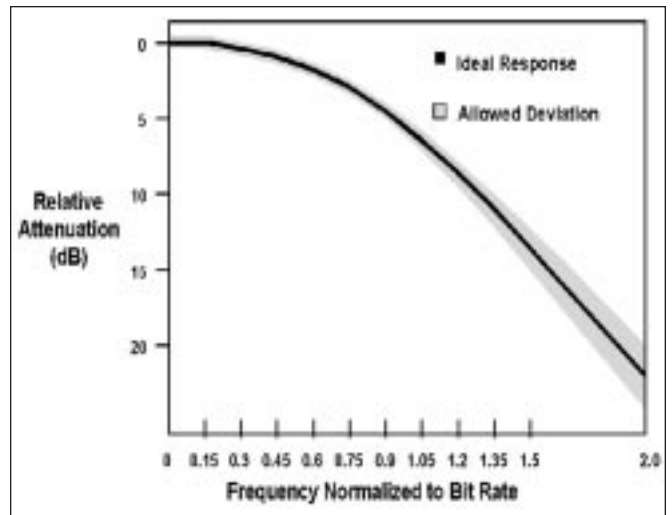


그림 6. 광학 기준 수신기에 대한 시스템 주파수 응답

먼저, 소광비 측정에 광학 기준 수신기를 사용할 것을 권고한다. 소광비는 논리 1과 논리 0 평균 전력 레벨을 신호의 전체 주기에 걸쳐서 측정된 전체 통신 속도 신호에서 수행되어야 한다. 통신 속도가 높아지고 평균 전력 레벨이 필요하기 때문에 기준 수신기의 통합 효과는 높은 통신 속도에서도 논리 1과 논리 0 전력 레벨의 양호한 근사치를 제공할 것이다. 다음 권고 사항은 측정시 오류를 줄이는데 도움이 된다. 한 가지 가능한 오류의 원인은 오실로스코프 또는 OE 컨버터의 DC 전압 오프셋이다. 정확한 소광비를 측정하기 위해서는 어떤 오프셋도 존재하지 않도록 하는 것이 중요하다. 이 절차를 암 레벨(dark level) 또는 제로 광 레벨(zero light level) 캘리브레이션이라고 한다. 제로 광 레벨은 OE 컨버터에 광선이 입력되지 않을 때 DPO가 측정한 전압 레벨에 해당한다. TDS 700D/500D 디지털 형광 오실로스코프에는 자동 제로 광 레벨 캘리브레이션 기능이 있다.

소광비 값은 제로 광 레벨이 변할 경우 두드러지게 변할 수 있다. 그림 7은 다른 제로 광 레벨 기준이 소광비에 얼마나 영향을 주는지 보여 주는 두 가지 예이다. 그림의 왼쪽에서 논리 0 레벨은 기준 위 $2.5\mu\text{V}$ 로 측정된다. 논리 1 레벨은 기준 위 $13\mu\text{V}$ 로 측정된다. 이들 값으로부터 계산된 소광비는 7.2dB 이다. 그림의 오른쪽은 캘리브레이션을 실행한 후의 다른 제로 광 레벨을 보여 준다. 이 새로운 기준을 사용

한 결과로 논리 0과 논리 1 레벨은 각각 1.5 와 $12\mu\text{V}$ 이다. 이 값을 사용하여 소광비를 계산하면 9.0dB 가 되는데, 이는 상당히 증가한 값이다.

두 번째 가능한 오류의 원인은 오실로스코프와 OE 컨버터의 측정 불확실성이다. 소광비 값에 따른 OE와 오실로스코프의 정확도 사양은 소광비 측정에 상당한 오류를 야기할 수 있다. 예를 들어, 소광비가 8dB 인 신호를 생각해 보자. 오실로스코프로 측정된 이 신호의 논리 1 레벨이 100mV 일 경우, 논리 0 레벨은 16mV 로 측정된다. 측정의 불확실성이 $\pm 1\text{mV}$ 일 경우, 소광비는 7.7dB 에서 8.2dB 까지 다양하게 변한다. 측정값에서의 0.3dB 의 변화는 아마도 허용 가능할 것이다. 그러나 신호의 소광비가 14dB 이고 신호의 논리 1 레벨이 오실로스코프에서 100mV 일 경우, 논리 0 레벨은 4mV 가 된다. 이제 $\pm 1\text{mV}$ 측정 변동은 더 큰 영향을 준다. 소광비는 13dB 에서 15.2dB , 1dB 에서 1.2dB 까지 변할 것이다.

몇 가지 권고 사항은 이런 종류의 측정 오류를 피하거나 최소화하는데 도움을 줄 것이다. 먼저, 광신호가 가능한 많은 스코프의 동적 범위를 사용하도록 DPO의 전압 범위를 설정한다. 두 번째, 소광비를 측정하고 평균값을 사용할 때 여러 번 측정하는 것이 최선이다. 아래의 그림은 표시된 소광비의 평균 (μ)과 표준 편차 (σ)를 사용한 TDS 700D/500D 소광비 측정을 보여 준다.

통신 표준을 사용하여 준수 여부를 확인하려면 통신 속도,

펄스 폭, 진폭, 소광비 및 신호 모양과 같은 여러 가지 테스트를 해야 한다. DPO를 사용하여 개발실, 제조시 또는 네트워크 설치 현장에서 이같은 테스트들을 수행할 수 있다.

신호 특성화

많은 설계자들은 산업 표준을 준수하는 것만으로는 충분하지 않다고 생각한다. 설계자들은 시스템을 완전히 특성화하여 시스템의 작동 한계를 알고 싶어한다. 필요할 경우, 제조시 실시하는 테스트 또는 수년간 작동한 후에 현장에서 발생할 수 있는 고장을 방지하기 위한 기능을 견비하도록 장치를 설계할 수 있다.

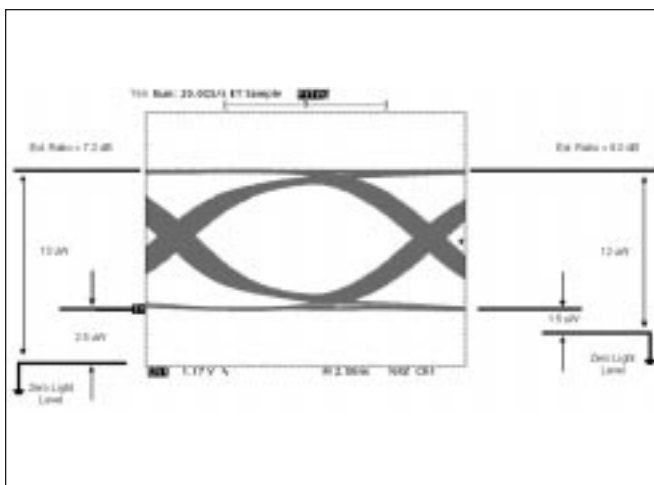


그림 7. 암 레벨(dark level) 캘리브레이션

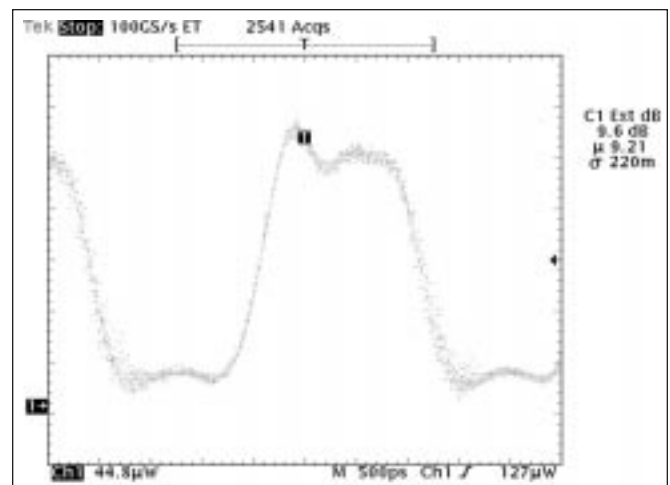


그림 8. 평균과 표준 편차 통계를 사용한 소광비 측정

이 절에서는 DPO로 할 수 있는 몇 가지 신호 특성화 측정 에 대해 설명한다.

마스크 한도 테스트. 표준 준수 여부 절에서 산업 표준 마스크의 사용에 대해 설명한 바 있다. 표준 준수 여부를 보장 하는 것 외에도, 마스크를 사용하여 표준 요건과 관련된 신호에서 한도의 양을 결정할 수 있다. 설계의 한도 레벨을 테스트하는 것은 시스템이 최악의 조건 하에서도 표준을 준수 한다는 것을 보장한다. 또한 대량 생산된 시스템이 산업 표준뿐 아니라 실험실에서 테스트한 원래의 설계를 준수할 것임을 보장할 수 있다. 마스크를 사용하여 장치의 한도를 확인하려면 마스크에 퍼센트 한도를 추가할 수 있다. 그런 다음 마스크 테스트를 실행하여 고장을 확인할 수 있다. 마스크 한도 테스트는 마스크 한도 기능을 사용하여 TDS 700D/500D DPO로 실행할 수 있다. 그림 9는 원래의 경계 (중앙 마스크)와 한도 테스트에 사용되는 두 개의 크고 작은 한계 마스크가 있는 아이 다이어그램 마스크를 보여 준다.

이 마스크 테스트를 실행했을 때 수백 개 이상의 마스크 적중이 발생했다. 그러나 모든 적중은 마스크 번호 5에서 발생했다. 마스크 4나 마스크 2에서는 적중이 발생하지 않았다. 마스크 5는 표준 마스크보다 20% 큰 반면, 마스크 4는 10% 크다. 이 테스트에서, 표준 요건에 비해 10%와 20% 한도 사이에서 마스크가 설계 되었음을 결론지을 수 있다.

지터 측정. 디지털 설계와 통신 시스템의 속도가 증가하면서 지터를 특성분석하는 것이 시스템의 적절한 작동을 보장 하는 보다 중요한 요소가 되었다. 지터는 시스템의 오류 한도를 줄일 수 있다. 지터는 이상적인 상태와의 위상 변동 또는 타이밍 편차로 정의될 수 있다. 디지털 통신 시스템에서의 과도한 지터는 허용할 수 없는 비트 에러율 (BER)을 초래 할 수 있다. 지터의 소스는 데이터 의존적인 뿐만 아니라 무작위가 될 수 있다. 데이터 의존 지터는 송신 순서에서 하나 이상의 선행 비트의 상태에 의해 발생하는 한 비트의 타이밍 오류이다. 무작위 지터는 송신되는 데이터와 관련이 없는 타이밍 오류로 정의된다. 간단한 지터 측정은 지터 종류와 전체 지터 값의 결과를 모두 측정할 수 있다. 그러나 지터를 제거하려고 시도할 때 무작위 및 데이터 의존 구성 요소를 따로 측정하는 것이 가장 좋다. 그런 다음 한 종류의 지터가 지배적이라면 체계적인 접근 방법을 사용하여 무작위 또는 데이터 의존 지터를 먼저 줄이면 된다.

참고: 지터 측정에 관한 자세한 설명은 다른 Tektronix Application Note인 TDS 700D/500D 디지털 포스퍼 오실로스코프를 사용하여 지터 측정 수행하기(55W-12048-0)에 나와 있다.

무작위 지터. TDS 700D/500D DPO의 막대 그래프 측정을 사용하면 무작위 지터를 측정할 수 있다. 무작위 지터 요소를 측정하는 단계는 다음과 같다.

1. 간단한 저주파수 반복 패턴을 사용하여 송신기를 유도한다. 견본 저주파수 패턴은 5개의 고비트, 그 다음 5개의 저비트가 될 것이다. 이 저주파수 패턴은 데이터 의존 지터가 출력으로 유도되지 않도록 한다.
2. DPO에 있는 빠른 통계 데이터베이스를 사용하여 신호를 획득한다.
3. 수평 막대 그래프를 사용하여 무작위 지터의 분포를 측정한다. 확실하게 무작위인 지터의 경우, 막대 그래프 데이터의 한 표준 편차는 무작위 또는 RMS 지터와 동일하다.

그림 10은 수평 막대 그래프를 사용한 무작위 지터 측정을 보여 준다. 막대 그래프 데이터의 측정은 파형 오른쪽에 있다. 막대 그래프 데이터의 한 표준 편차는 62 피코초이다.

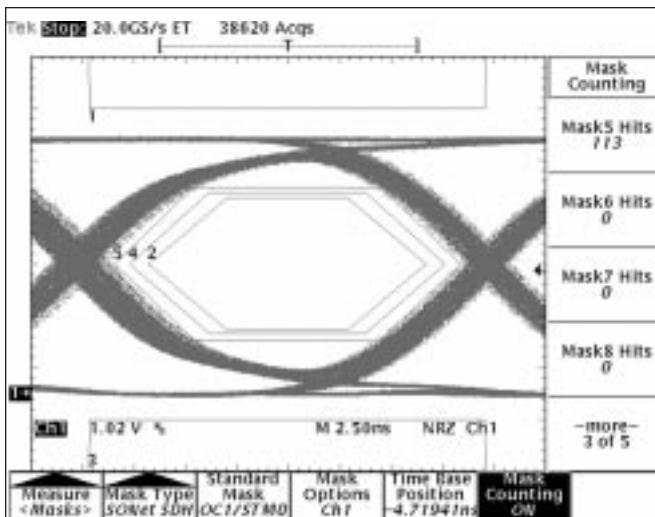


그림 9. 10%와 20% 한도가 표준 마스크에 추가된 아이 다이어그램 마스크

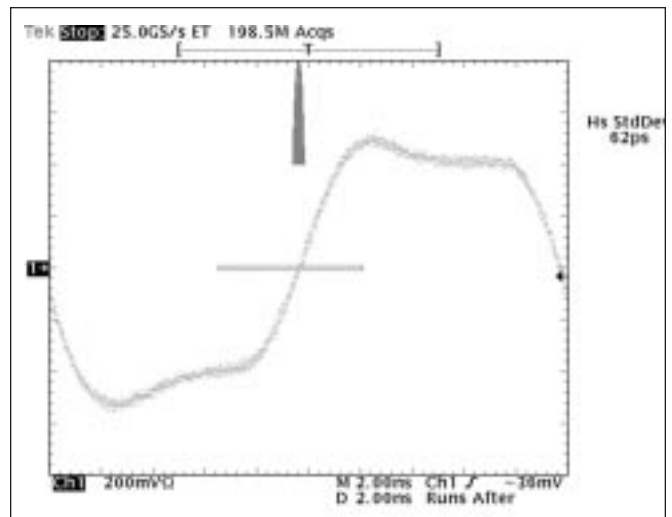


그림 10. 무작위 지터 측정

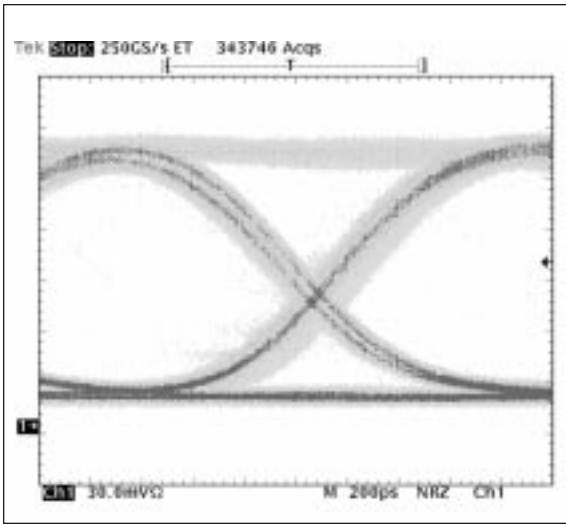


그림 11. 파형 밝기 등급 눈 교차 표시

무작위 지터 측정의 경우, 통계적으로 유효한 지터 분포를 갖기 위한 충분한 양의 데이터를 확보하는 것이 필요하다. 막대 그래프 데이터가 유효한 통계를 갖기 위해서는 수천 또는 수백만의 획득을 포함하고 있어야 한다. 저속 통신 종속 신호를 특성분석할 때 획득 시간은 지터 측정을 상당히 느리게 할 수 있다. Tektronix TDS 700D/500D 디지털 포스퍼 오실로스코프를 사용하면 막대 그래프를 DSO보다 훨씬 빨리 누적시켜 측정할 수 있다. Tektronix DPO는 기존 DSO보다 1000배나 빠르게 막대 그래프를 획득하고 측정한다. 자세한 내용은 DPO 획득의 이점을 참조한다.

데이터 의존 지터. 데이터 의존성은 DPO의 파형 밝기 등급 연속성 표시를 사용하면 쉽게 발견할 수 있다. 다중 트리거 중에 데이터가 획득되기 때문에 파형 밝기 등급 표시는

보다 자주 적중되는 파형에 있는 영역을 강조한다. 파형 밝기 등급의 강조는 종종 지터가 일어나는 파형의 뚜렷한 경계를 보여 준다. 이런 뚜렷한 경계 또는 모드는 송신기의 데이터 패턴 의존성을 나타낸다. 이런 데이터 의존성이 보여지면 DPO를 사용하여 다양한 패턴의 효과를 양으로 측정할 수 있다.

파형 밝기 등급 표시나 아이 크로싱에서의 막대 그래프를 관찰하면 아이 크로싱 포인트를 통해 다른 변이를 일으키는 데이터 의존성을 알 수 있다. 그림 11에서 눈 교차 포인트에 두 가지 형태의 에지 분포가 있음을 알 수 있다. 이들 명백한 모드는 레이저에 의해 송신되는 다른 데이터 패턴에 의해 야기된 타이밍 오류에 해당한다. 이런 타이밍 패턴에 의해 유도된 타이밍 오류는 데이터 의존 지터의 예이다.

NRZ 직렬 트리거

송신기에 데이터 의존성이 존재하면 NRZ 직렬 데이터에 있는 여러 고유한 데이터 패턴 중 하나를 포착하는데 TDS 700D/500D 통신 트리거를 사용할 수 있다. 통신 트리거 기능은 스코프를 트리거 하는데 사용할 수 있는 3, 4, 5 직렬 비트 패턴을 제공한다. 개별 데이터 패턴을 출력할 때의 송신기 작동을 관찰함으로써 데이터 패턴 효과를 특성화할 수 있다.

광학 기준 수신기 켜기/끄기 SONET/SDH 신호와 마스크를 비교하는 동안 광학 기준 수신기의 제한된 주파수 응답이 요구된다. 장치 특성화의 경우, 비트 속도보다 여러 배

추를 한번 눌러 쉽게 끌 수 있다. 그림 12는 광학 기준 수신기 필터를 켜고 끄는 메뉴를 보여 준다.

광학 기준 수신기 필터가 없으면 그림 12는 빠른 에지뿐 아니라 더 많은 울림(링잉)과 오버슈트를 보여 준다. 광감지기와 같은 최신 수신기 요소의 대부분이 신호의 비트 속도보다 훨씬 넓은 대역폭을 가지고 있다. 전체 대역폭에서 신호를 특성화하면 보다 넓은 대역폭의 수신기가 실제로 신호를 보기 때문에 신호 생략을 관찰할 수 있다. 설계를 특성화하지 않고 표준 준수 여부 테스트를 사용하면 제조사 또는 현장에서 중속 신호 수신기가 간헐적인 문제를 일으킬 수 있다.

결론

SONET과 SDH 표준은 광대역 통신 네트워크의 국제 표준이 되었다. 시스템 간의 상호 연결성을 보장하려면 SONET/SDH 표준은 네트워크에 대한 모든 종속 속도 신호 입력을 엄격히 테스트해야 한다. 신호의 물리계층에 여러 테스트가 지정되어 있다. 디지털 포스퍼 오실로스코프를 사용하면 엔지니어들은 이런 신호를 디버그, 확인, 특성화할 수 있다.

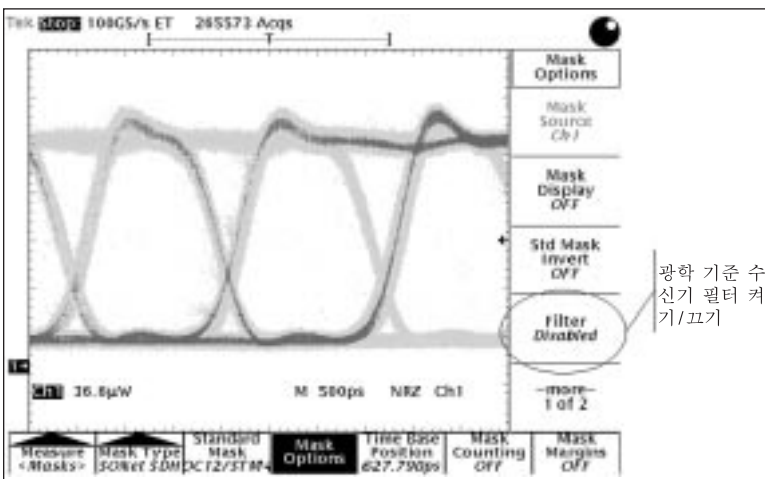


그림 12. ORR 필터 켜고 끄기

넓은 대역폭을 사용하는 것이 좋다. 전체 스코프 대역폭으로 신호를 보려면 광학 기준 수신기 필터링의 작동을 중지시키는 것이 바람직하다. TDS 700D/500D 디지털 포스퍼 오실로스코프에서 광학 기준 수신기 필터는 단

DPO 획득의 이점: DSO보다 1000배 향상

DPO 기술을 사용하여 TDS 700D와 TDS 500D 시리즈 오실로스코프는 종래의 DSO가 할 수 있는 것보다 1000배나 많은 신호 데이터를 획득한다.

Tektronix은 최상의 진폭 순서인 디스플레이 샘플 밀도를 제공하는 고유한 소프트웨어 및 하드웨어 기술을

개발해 왔다. 물리계층 테스트의 경우, 디스플레이 샘플 밀도가 향상됨으로써 적은 시간에 더 많은 데이터를 획득할 수 있는 것으로 해석된다. 누적되는데 몇 분씩 걸리던 아이디어가 그램은 이제 몇 초 안에 완성된다. 막대 그래프 역시 몇 초 만에 만들어진다. 마지막으로 적은 시간에 더 많

은 데이터를 획득하기 때문에 많은 통계 측정의 정확도가 향상되었다. 그림 A와 B는 DPO 획득의 속도를 보여 준다. DPO 디스플레이 상단에 있는 획득 카운터는 보통의 DSO 디스플레이의 획득 카운터보다 두드러지게 더 크다.

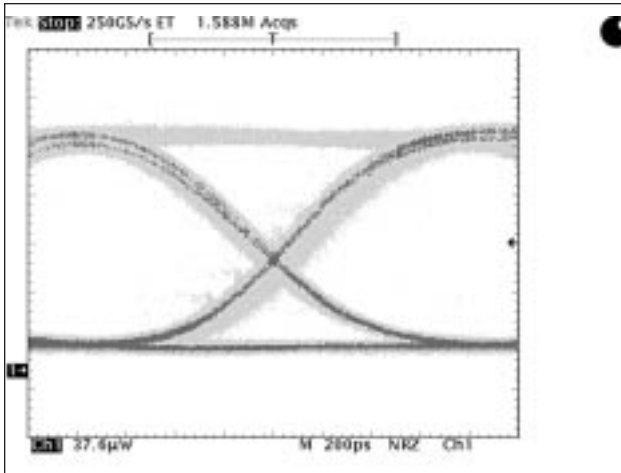


그림 A. DPO를 사용하여 10초간 누적된 눈 교차.

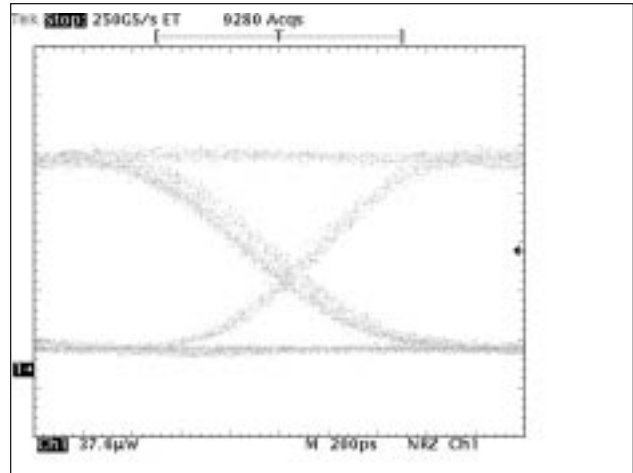


그림 B. 보통 DSO를 사용하여 10초간 누적된 눈 교차.

기타 관련 제품.

Tektronix은 광대역 통신 시스템 테스트에 적합한 다른 여러 제품을 제공한다. (표 3 참조).

표 3. Tektronix 추가 광대역 테스트 제품

모델 번호	설명
CSA 803C	통신 신호 분석기
11801C	디지털 샘플링 오실로스코프
CTS 710, CTS750	SONET/DS3/DS1 및 SDH/PDH 테스트 세트
GB700, GB1400	비트 에러율 테스터
ST2400	2.4Gb/초 SONET/SDH 분석기
SSJ300E	SONET/SDH 지터 분석기
ATM150	ATM 테스트 세트
VX4610	모듈형 SONET/SDH 분석기
MTS200	MPEG 테스트 시스템

더 자세한 정보를 얻으려면 Tektronix로 연락하십시오.

월드 와이드 웹: <http://www.tektronix.com>; 아시아 국가들 (65) 356-3900; 호주, 뉴질랜드 61 (2) 9888-0100; 오스트리아, 동유럽, 그리스, 터키, 몰타, 키프로스 +43 2236 8092 0; 벨기에 +32 (2) 715 89 70; 브라질, 남미 55 (11) 3741-8360; 캐나다 1 (800) 661-5625; 덴마크 +45 (44) 850 700; 핀란드 +358 (9) 4783 400; 프랑스, 북아프리카 +33 1 69 86 81 81; 독일 +49 (221) 94 77 400; 홍콩 (852) 2585-6688; 인도 (91) 80-2275577; 이태리 +39 (2) 25086 501; 일본 (소니/텍트로닉스 주식회사) 81 (3) 3448-3111; 멕시코, 중앙 아메리카, 캐리비안 52 (5) 666-6333; 네덜란드 +31 23 56 95555; 노르웨이 +47 22 07 00; 중국 86 (10) 6235 1230; 한국 82 (2) 528-5299; 남아프리카 (27 11) 651-5222; 스페인, 포르투갈 +34 (91) 372 6000; 스웨덴 +46 (8) 477 65 00; 스위스 +41 (41) 729 36 40; 대만 886 2722-9622; 영국, 아이레 공화국 +44 (0) 1628 403300; 미국 1 (800) 426-2200;

기타 지역에서는 다음 주소로 연락하십시오. Tektronix, Inc. Export Sales, P. O. Box 500, M/S 50-255, Beaverton, Oregon 97077-0001, USA 1 (503) 627-6877

