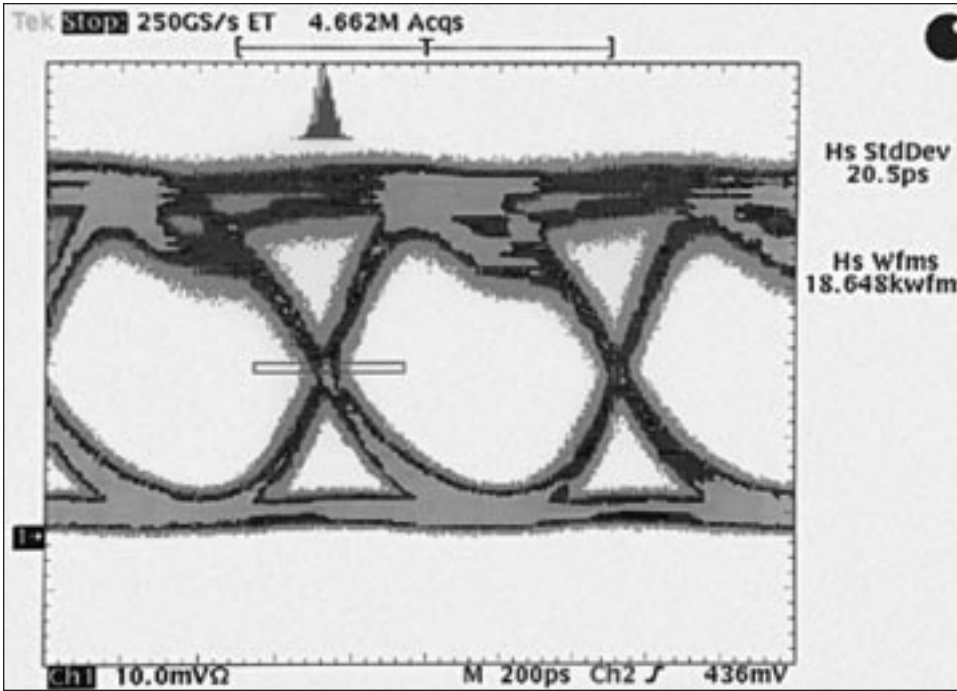


데이터 통신 신호의 물리계층 테스트



물리계층 측정

네트워크를 통해 신뢰성 있는 정보를 송신하기 위해서 산업 표준은 네트워크 물리계층에 대한 성능 요건을 규정해 두고 있다. 그 요건은 DC 전압 측정, 간섭 면역, 비트 에러율, 네트워크 분석, 주파수 도메인 측정 그리고 시간 도메인 측정을 포함하는 다수의 측정 도메인을 포함한다.

표 1. 물리계층 측정

측정 종류/도메인	측정 예
AC/시간	AC 커먼 모드 전압, 피크 차동 전압, 소광비, 데이터 속도 (주기) 지터, 상승 시간, 하강 시간, 슬루 레이트, 오버슈트 및 템플릿 테스트
DC	커먼 모드 전압
면역	단락 회로 한계, 고전압 임펄스, 커먼 모드 전압 제거
비트 에러비율 (BER)	아이 오프닝, 비트 에러비율
네트워크 분석	입력 및 출력 임피던스, 감쇠, 크로스토크, 복귀 손실
주파수	데이터 속도 (주파수), 고조파 성분, 노이즈

을 포함하는 다수의 측정 도메인을 포함한다.

ISO 개방 시스템 상호접속 (Open System Interconnection: OSI) 네트워크 참조 모델은 물리계층을 케이블 매체, 세그먼트 길이 및 데이터 속도의 사양으로 정의한다. 이 application note에서는 전기 및 광학 물리계층 데이터 통신 인터페이스를 설명한다.

ANSI와 IEEE 표준에 열거된 물리계층 측정의 예는 표 1에 제시되어 있다.

데이터 통신 장치에 대한 검증 도구로 사용할 수 있는 장비는 많지만 이 application note에서는 디지털 포스퍼 오실로스코프 (Digital Phosphor Oscilloscope: DPO)를 사용하여 할 수 있는 측정을 설명한다. 오실로스코프는 모든 전자 관련 설계자들이 사용하는 주요 디버그 및 검증 도구 중

하나이다. 이 application note에서는 TDS 700D/500D 시리즈 오실로스코프를 사용하여 산업 표준이 요구하는 몇 가지 시간 도메인에서의 측정을 설명한다. TDS 700D/500D와 같은 디지털 포스퍼 오실로스코프는 설계를 디버그하고, IEEE 또는 ANSI 표준을 준수하는지 검증하고, 네트워크 장치의 송신기 성능의 특성분석을 하는데 사용할 수 있다. 이 application note에서는 이더넷 (Ethernet), 화이버 채널 및 화이버 분산 데이터 인터페이스 (Fibre Distributed Data Interface: FDDI) 신호측정을 예로 들것이다.

DPO를 사용한 물리계층 디버깅

물리계층 테스트에서 오실로스코프를 위한 여러 애플리케이션 중 가장 먼저 사용하는 것이 새로운 설계를 디버깅하는 것이다. 시스템의 펌웨어나 프로토콜 테스트 결과 비트 에러 비율이 너무 높다고 나타나면, 그 원인을 밝혀 내야 한다. 가장 손쉬운 방법은 송신기 출력을 살펴보는 것이다. 송신된 신호를 오실로스코프를 사용하여 관찰해 보면 과도한 노이즈나 지터와 같은 문제가 있음을 알아낼 수 있다. 또한 신호의 전력 레벨이 예상한 것과 같은지 아닌지도 나타난다. 게다가, DPO의 진보된 트리거링 기능은 너무 좁거나 너무 넓은 펄스를 찾아내기도 한다.

베이스라인 원더

데이터 통신 설계의 디버깅에는 종종 설계가 작동하지 않는 이유를 검색하는 과정이 포함된다. DPO 디스플레이의 시각 정보는 문제점을 찾는 데 중요한 정보를 제공한다. 베이스라인 원더는 100Base-TX 수신기에서 비트 에러를 일으킬 수 있다. 베이스라인 원더는 다중 변이 - 3레벨 (MLT-3) 신호에서 바람직하지 않은 저주파수 요소이다. 베이스라인 원더는 변이가 없는 긴 데이터 흐름에서 발생한다. 변이가 없으면 결국 신호가 "급격히 올라 (pump up)" 수신기의 전압 한계를 초과하게 되고 결국 수신된 부호들에 오류를 일으킨다.

TDS 700D/500D DPO를 사용하면 베이스라인 원더를 쉽게 식별하고 제거할 수 있다. 데이터의 전체 프레임을 관찰함으로써 베이스라인 원더가 발생할 수 있다는 사실을 훨씬 쉽게 식별할 수 있는데, 이것은 DPO 디스플레이에 나타난 파형 밝기 정보 덕택이다. 그림 1의 파형 밝기 정보를 사용하면 신호가 대부분의 시간을 소비하고 있는 장소를 빨리 식별할 수 있다.

울퉁불퉁한 신호는 DPO 디스플레이 중심 바로 왼쪽에 있음을 주목한다. 이 영역의 베이스라인 원더는 DC 오프셋으로 인해 MLT-3 펄스의 상단이 위와 아래로 벗어나도록 한다. 베이스라인 원더 조건이 발생하였고 그 장소가 어디지를 명확히 식별하고 나면, 프레임의 획득을 확대할 수 있다. 그림 2는 10배 정밀도의 시간 해상도(500nsec/구간)로 MLT-3 데이터를 보여 준다.

이 시간 스케일을 사용하여 베이스라인 원더의 DC 오프셋을 보고 양을 측정할 수 있다. 그림 2에서 펄스의 베이스라인 원더를 측정하는데 TDS 700D/500D 커서를 사용했다. 오른쪽의 측정은 64mV의 베이스라인 원더를 보여 준다. 긴 데이터 흐름에서 문제의 원인을 찾을 때, 문제를 발견하기까지 양호한 데이터를 검색하는데 몇 시간이 걸릴 수 있다. DPO에서 사용할 수 있는 시각적인 단서는 이상 신호를 빨리 식별할 수 있도록 해 준다. 이상이 발견되면, 이것을 포착하여 분석하면 된다.

표준 준수 여부 테스트 마스크

DPO에 대한 또 다른 물리계층 애플리케이션은 신호가 산업 표준의 요건을 준수하는지 확인하는 것이다. 표준은 전압, 광전력 레벨, 데이터 속도, 지터 및 오버슈트와 같은 신호의 물리계층 특성을 의무적으로 규정하고 있다. 이들 모든 변수들은 DPO를 사용하여 신속하게 관찰하고 검증할 수 있다. 많은 표준들이 오실로스코프를 사용한 마스크 (또는 템플릿) 테스트를 통해 표준 준수 여부를 규정한다. 마스크 테스트를 수행하는 동안 신호는 대개 아이디어 그림에서 펄스나 무작위 데이터 흐름으로 관찰된다. 퍼시스턴스 디스플레이 모드와 화면상의 마스크 디스플레이를 사용하여 오실로스코프는 신호가 표준 요건을 준수하는지 여부를 쉽게 검증할 수 있다.

마스크 테스트는 종종 송신된 신호가 산업 표준 요건을 준수하는지를 신속하게 검증하는 최선의 방법이다. 마스크는 과도한 오버슈트, 지터, 부정확한 상승 및 하강 시간 등과 같은 신호 왜곡은 마스크 테스트에 실패하도록 정의되어 있다. 10BaseT와 같은 일부 표준의 경우에, 마스크는 그림 3에 보여진 유희 펄스 마스크와 같은 단일 펄스에 대해 정의되어 있다.

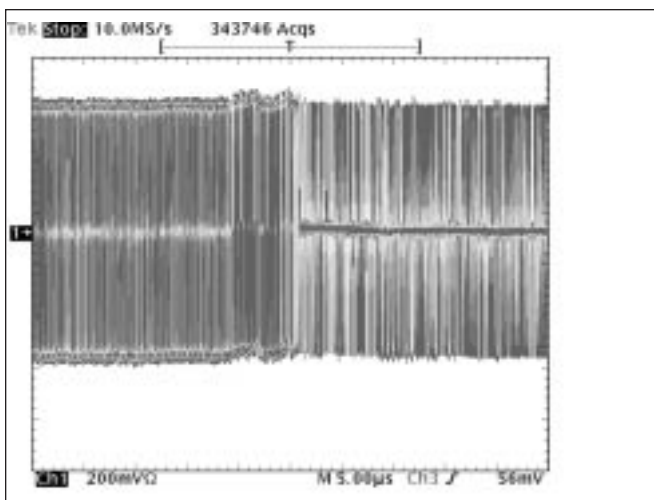


그림 1. DPO를 사용하여 관찰한 100Base-TX 신호의 베이스라인 원더

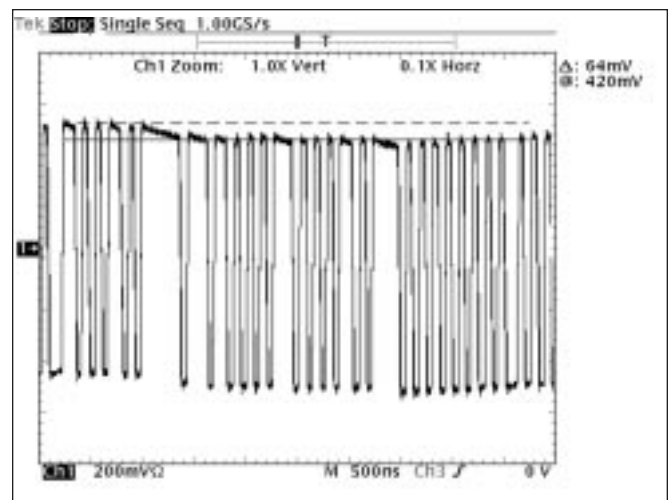


그림 2. 고해상도에서 100Base-TX 프레임의 베이스라인 원더

펄스 마스크 테스트의 경우, 테스트되는 신호는 마스크의 상단과 하단 사이에 있어야 한다. 마스크 경계 안에 있지 않은 유희 펄스는 표준을 준수하지 않는 것이다.

다른 마스크 테스트는 데이터의 아이디어 그래프에서 수행된다. 광섬유 채널 (Fibre Channel: FC) 사양은 각 표

표 2. TDS 700D/500D DSO에 의해 지원되는 공통 데이터 통신 표준

표준	이름	데이터 속도(Mb/s)
IEEE 802.3	이더넷 10BaseT	10
ANSI X3.263, X3.166, IEEE 802.3u	FDDI, 고속 이더넷, 10BaseT	125
ANSI X3.230	화이버 채널	133, 266, 531, 1063
IEEE P802.3z	기가비트 이더넷 1000BaseX	1250

준 데이터 속도 (즉, 133Mb/s, 266Mb/s, 531Mb/s 및 1063Mb/s)에 대해 일련의 아이디어 그래프 마스크로 정의된다. 모든 마스크에는 송신기 신호가 들어갈 수 없는 세 개의 베타 구역이 있다. 마스크 경계는 다른 전력 레벨이나 네트워크의 다른 장소에서 신호의 스케일을 쉽게 조정하여 신호를 검증하는데 사용할 수 있도록 정의된다. 그림 4는 FC531에 대한 아이디어 그래프 마스크 테스트를 보여 준다.

표준 준수 여부 테스트의 속도를 더 높이기 위해 TDS 700D/500D 오실로스코프에는 마스크 위반을 자동으로 찾아 카운트하는 기능이 포함되어 있다. 그림 4의 아이디어 그래프 마스크 테스트는 마스크 적중 (위반)을 실행하고 카운트하는 자동 마스크 테스트를 보여 준다.

이렇게 많은 표준을 사용하여 시스템의 표준 준수 여부를 테스트하다 보면 10Mb/s, 100Mb/s 및 1Gb/s에서도 마스크 테스트를 수행할 필요가 있을 수 있다. TDS 700D/500D DPO는 1250Mb/s와 그 이하의 데이터 속도에 가장 많이 사용하는 산업 표준 마스크를 내장하고 있다. 표 2는 내장 마스크가 지원하는 표준과 데이터 속도를 열거하고 있다.

마스크 정의를 가지고 있지 않지만 마스크 테스트 속도가 필요한 표준의 경우에는, TDS 700D/500D DPO에서 사용자가 마스크를 정의하여 작성할 수 있다. 예를 들어, IEEE 1394 표준은 현재 마스크를 포함하고 있지 않다. 그러나 아이디어 그래프 마스크를 포인트 단위로 작성할 수 있다. 그림 5는 400Mb/s IEEE 1394 신호에 사용할 아이디어 그래프 마스크를 보여 준다. 일단 작성되면 사용자 정의 마스크는 디스크에 저장해 두고 어떤 TDS 700D/500D DPO에서도 호출하여 사용할 수 있다.

자동 측정. 마스크 테스트 요건 이외에 상승 시간, 하강 시간, 오버슈트, 피크 대 피크 전압 등과 같은 변수에 대한 최소 및 최대값이 산업 표준에 지정되어 있다. TDS DPO의 자동 측정 시스템은 이들 변수들을 신속하게 측정하여 결과를 제공한다. 또한 듀티 사이클 왜곡 (duty cycle distortion: DCD)과 펄스 진폭 대칭과 같은 특정한 측정은 TDS 자동 측정 시스템을 사용하여 반자동으로 수행할 수 있다.

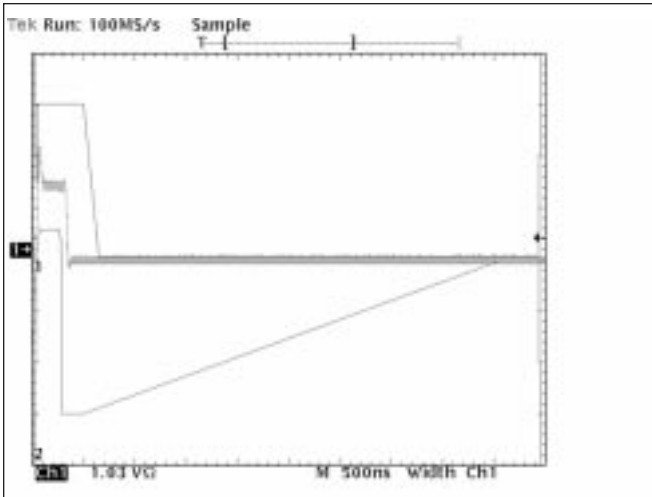


그림 3. 10BaseT 유희 펄스 마스크

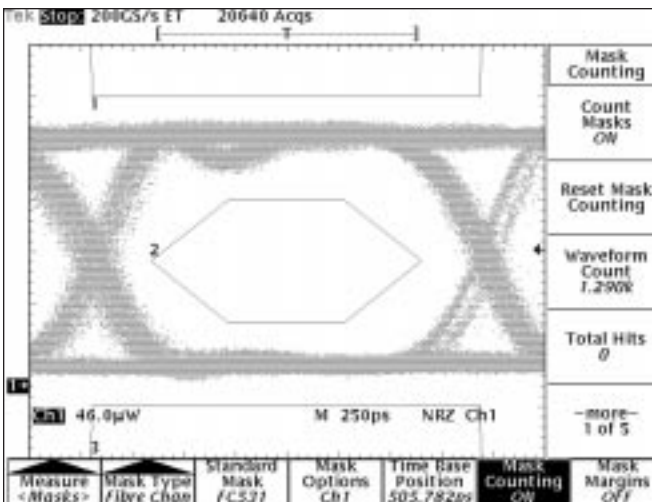


그림 4. 화이버 채널 아이디어 그래프 마스크 테스트

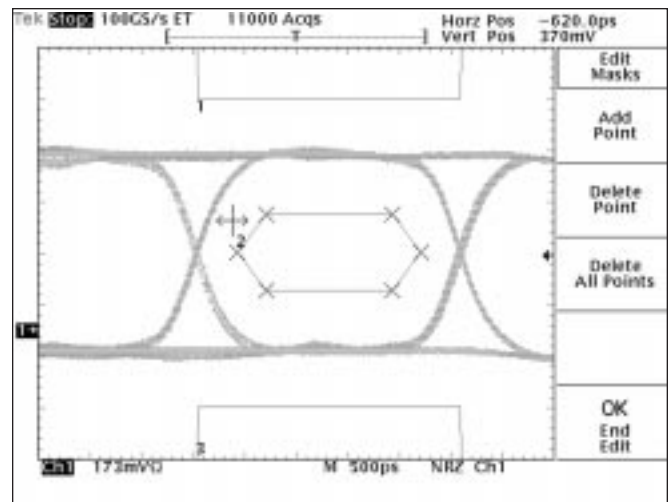


그림 5. IEEE 1394에 대한 사용자 정의 마스크

- 듀티 사이클 왜곡 (DCD). DCD를 측정하려면 공칭 16ns 폭의 양극성 및 음극성 MLT-3 펄스의 폭을 측정해야 한다. TDS 펄스 폭 기능은 양극성 및 음극성 펄스를 측정할 수 있다. 그러나 보통 TDS는 펄스의 50% 진폭 포인트를 결정하여 펄스 폭을 측정한다. 다음 그 레벨에서 펄스를 측정한다. 만약 그림 6에서 펄스가 자동 측정 시스템으로 측정되었다면 50% 포인트는 디스플레이의 중심(0V)에 매우 근접하게 설정될 것이며 펄스 폭에 어떤 값도 결정되지 않을 가능성이 있다. TDS 700D/500D 커서를 사용하면 측정되는 파형 영역이 게이트될 수 있다. 그림 6에서 커서는 양극성 펄스가 커서의 수직 막대 사이에 오도록 놓여 있다. 측정 게이트를 켜 상태에서 50% 포인트는 펄스의 고전압 (933mV)과 저전압(32

mV) 레벨 사이의 중간 펄스에 정확하게 설정될 것이다. 15.78ns의 양의 펄스 폭 측정은 자동으로 결정된다. 이렇게 설정한 상태의 측정에서는 커서 사이에 음의 펄스 폭은 정의되지 않는다 (그림 6 참조). 음극성 펄스의 폭을 측정하기 위해 커서는 그림 7에 보여진 파형의 오른쪽 절반으로 이동했다. 게이트된 측정을 설정한 상태에서 음극성 펄스의 50% 전압 포인트에서 음의 펄스 폭 측정이 이루어진다. 음의 펄스 폭은 15.91ns로 측정된다. ANSI X3.263 사양은 양 및 음의 펄스가 공칭 16ns ±0.25ns가 되어야 한다고 명시하고 있다. 이 예에서 측정된 펄스 (15.78ns와 15.91ns)는 표준 준수 여부에 대한 표준의 요건을 모두 만족시킬 것이다.

- 신호 진폭 대칭. TDS 자동 측정 시스템으로 수행할 수 있는 또 다른 측정은 신호

진폭 대칭이다. 이 측정은 두 개의 112ns 폭 양 및 음 MLT-3 펄스의 피크 전압을 비교한다. TDS 자동 고전압 및 저전압 측정은 펄스의 출력 전압 레벨을 신속하게 결정하는데 사용될 수 있다. TDS의 고전압 및 저전압 자동 측정은 막대 그래프 기법을 사용하여 펄스의 상단과 하단에서 평균값을 찾는다. 그림 8은 양의 펄스의 상단에서 고(High) 측정과 수직 막대 그래프 파형을 보여 준다. 피크 막대 그래프 값은 고 측정값을 취한 수직 레벨이다.

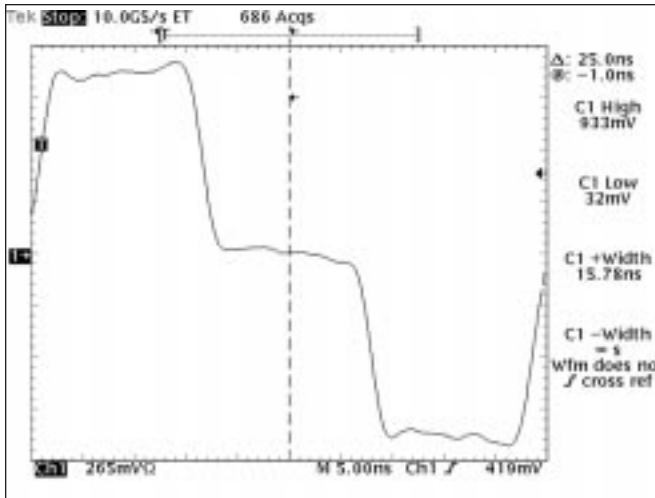


그림 6. 듀티 사이클 왜곡 측정, 양의 펄스 폭

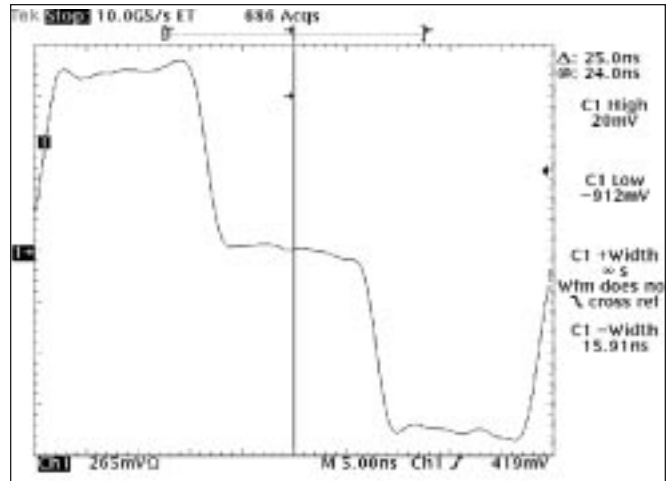


그림 7. 듀티 사이클 왜곡 측정, 음의 펄스 폭

그림 9는 신호 진폭대칭 측정의 두번째 절반으로 측정되는 음극성 펄스를 보여 준다. 이 그림에서 자동 저 (Low) 측정이 판독값을 취하는 곳을 나타내기 위해 저전압 레벨의 막대 그래프가 커졌다.

고전압 및 저전압 값이 측정되면 신호 진폭 대칭은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{대칭} = \frac{|+V_{out}|}{|-V_{out}|} = \frac{|고|}{|저|}$$

위에서 측정한 고 및 저 값의 경우 계산된 대칭 값은 $0.465/0.469 = 0.99$ 로 ANSI X3.263의 허용 범위인 0.98에서 1.02 사이에 있어 만족한다.

- 자동 광학 측정. 기가비트 이더넷, 광섬유 채널 및 FDDI와 같은 광학 송신을 사용하는 데이터 통신 표준에 있어 중요한 두 가지 측정은 소광비와 평균 개시 전력이다. 소광비는 논리 1의 평균 전력값과 논리 0의 평균 전력값의 비이다. 소광비는 통신 신호의 변조 깊이를 말한다. 신호는 더 큰 한도를 나타내어 잡음에 저항하기 때문에 높은 소광비가 바

람직하다. 평균 개시 전력은 광학 송신기의 출력에서 측정된다. 디지털 신호는 오류 없이 광섬유 케이블을 따라 보다 멀리 이동할 수 있기 때문에 높은 평균 개시 전력이 바람직하다. TDS

700D/500D 오실로스코프는 소광비와 평균 개시 전력 측정을 자동 측정 시스템에 모두 내장하고 있다.

신호 특성화

많은 설계자들은 산업 표준을 준수하는 것만으로는 설계가 충분하지 않다고 생각한다. 표준 준수 여부를 테스트할 때 간신히 통과하는 설계는 여러 시간 또는 여러 날 작동한 후 고장을 일으킬 수 있다. 설치한 후에 발생하는 고장은 설계 단계에서 조기에 문제점을 확인하여 교정하는 것보다 수리하는데 몇 배나 많은 비용이 들 수 있다. 제품의 수명이 다할 때까지 장기간의 작동과 표준 준수를 보장하려면 설계의 성능을 완벽하게 특성분석할 필요가 있다. 시스템 특성분석에는 작동 한계를 찾는 과정이 포함된다.

DPO는 물리계층 특성화 측정에도 중요하다. 이 절에서는 설계를 특성분석하는 두 가지 측정인 지터 측정과 한도 테스트를 설명한다.

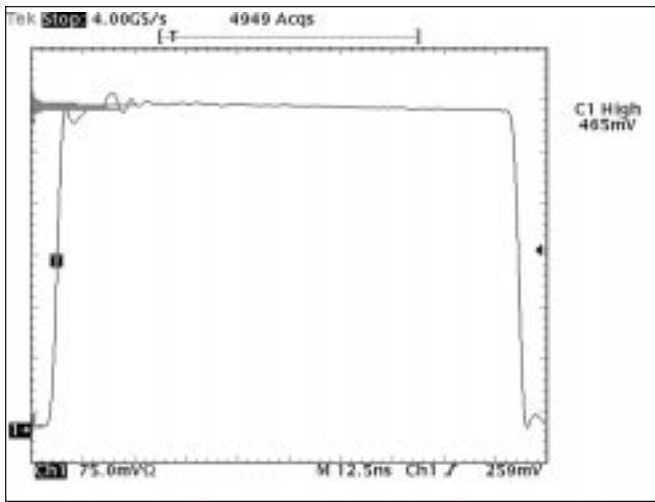


그림 8. 고(High) 자동 측정을 한 양의 MLT-3 펄스

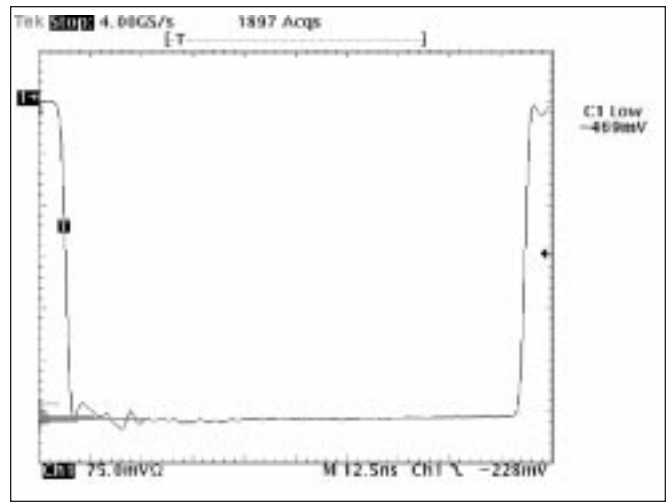


그림 9. 저(Low) 자동 측정을 한 음의 MLT-3 펄스

물리계층 테스트를 위한 프로브

데이터 통신 인터페이스가 다양하기 때문에 측정 장비에 요구되는 어댑터 또한 다양하다. 예를 들어, 광통신 신호는 측정하기 전에 전기 신호로 변환되어야 한다. 차동 전기 신호는 DPO를 사용하여 측정하기 전에 단일 단자로 변환되어야 한다.

OE 컨버터

광신호를 오실로스코프에 표시할 전기 신호로 변환하기 위해 광-전기(Optical-to-Electrical: OE) 컨버터가 사용된다. OE 컨버터는 지정된 파장에 사용할 수 있도록 최적화된다. 전형적인 OE 컨버터는 단파장으로 지정되어 500에서 950 nm 파장을 처리하고 장파장은 1100에서 1700nm을 처리한다. GE와 광섬유 채널과 같은 데이터 통신 신호는 단파장 780 또는 850nm - 레이저로 송신된다. 일부 애플리케이션에서는 보다 긴 파장(1310nm)으로도 계획된다.

Tektronix P6701B와 P6703B OE 컨버터는 단파장 및 장파장 애플리케이션을 처리하며 Tektronix TDS

700D/500D 디지털 포스퍼 오실로스코프와 함께 작동하도록 설계되었다.

기준 수신기 필터링

상대적이고 신뢰성있는 측정을 위한 표준 주파수 응답을 생성하기 위해 광섬유 채널과 GE 표준은 준수 여부 측정을 할 때 측정 장치에 추가 요건을 부과한다. OE 컨버터와 4계 베셀-톰슨(Bessel-Thompson) 로우-패스 필터로 구성된 광학 기준 수신기가 필요하다. 광학 기준 수신기는 측정 장비의 대역폭을 제한하여 오버슈트와 잡음의 영향을 줄여 준다.

Tektronix TDS 700D/500D 디지털 포스퍼 오실로스코프는 화이버 채널 표준을 위한 통합된 광학 기준 수신기를 갖추고 있다.

차동 프로브

이더넷, 고속 이더넷 및 IEEE 1394와 같은 전기 신호는 차동 신호이다. 송신된 신호를 양호한 충실도로 프로브하려면 신호를 오실로스코프로 측정하기에 적합

한 단일 단자 전압으로 변환할 수 있는 차동 프로브가 있어야 한다. 신호 충실도는 주로 프로브 대역폭과 커먼 모드 제거비와 같은 사양에 의해 결정된다. 100Base-TX와 같은 고속 데이터 속도 신호의 특성분석을 위해서는 최소한 신호 클럭 속도의 다섯 배 정도의 대역폭을 가진 프로브가 필요하다. 커먼 모드 제거비 (common-mode rejection ratio: CMRR)는 프로브가 얼마나 효과적으로 전력 회선 잡음과 같은 동상 모드 전압을 차단할 수 있는지를 나타내는 사양이며 차동 데이터 신호를 측정한다. 대역폭과 높은 대역폭의 CMRR을 위한 최선의 선택은 차동 증폭기를 사용하는 액티브 프로브이다.

Tektronix P6246과 P6247은 각각 400MHz와 1GHz의 대역폭을 가지고 있다. 이들은 >30dB의 높은 대역폭의 CMRR을 보여 준다.

지터 측정. 지터는 이상적인 상태와의 위상 변동 또는 타이밍 편차로 정의될 수 있다. 통신 시스템의 속도가 증가하면서 지터를 특성분석하는 것이 시스템의 적절한 작동을 보장하는 중요한 요소가 되었다. 지터는 시스템의 오류 한도를 줄일 수 있다. 디지털 통신 시

스템에서 과도한 지터는 수신기에서 클럭 또는 데이터 복구를 더욱 어렵게 만들고 허용할 수 없는 비트 에러비율 (bit error rates: BER)의 원인이 된다.

통신 시스템에서 지터를 특성 분석하기 위해 DPO를 사용하여 몇 가지 측정을 수행할 수

있다. 지터의 첫 번째 측정은 송신 클럭의 안정성을 결정하는 것이다. 그림 10에서 스코프의 트리거 시간인 기준 포인트로부터 고정 지연인 클럭 신호에서 지터를 측정하는데 막대 그래프가 사용되었다. 막대 그래프 데이터의 측정은 파형 오른 쪽에 보여진다. 막대 그래프 데이터의 한 표준 편차는 62ps이다.

막대 그래프 파형은 가우스 또는 정상 모양의 곡선이기 때문에, 막대 그래프의 한 표준 편차는 클럭과 스코프가 결합된 RMS 지터 값으로 표시될 수 있다. 오실로스코프 지터가 측정된 지터의 10% 이하일 경우, 이것은 무시될 수 있다. 또 다른 방법으로, 스코프의 지터가 특성화 되었을 경우에는 제곱의 합의 제곱근 공식을 사용하여 측정된 지터에서 빼면 된다.

$$J_{\text{clock}} = \sqrt{J_{\text{meas}}^2 + J_{\text{scope}}^2}$$

두 번째 지터 측정은 송신기 출력의 다양한 데이터 패턴의 효과를 결정한다. 과도한 데이터 의존 지터는 수신기에서 클럭과 데이터 복구 문제를 야기할 수 있다. 송신된 신호에서 데이터 패턴의 효과를 측정하려면 사용자 정의 또는 무작위 데이터 세트를 송신기를 통해 전송한다. 그런 다음, DPO를 사용하여 출력을 아이다이아그램으로 관찰한다. 그림 11은 수천 개의 데이터 패턴을 획득한 후의 아이크로싱 포인트를 보여 준다. 앞서의 측정에서와 마찬가지로 RMS와 지터 대 지터 값을 측정하는데 막대 그래프를 사용할 수 있다.

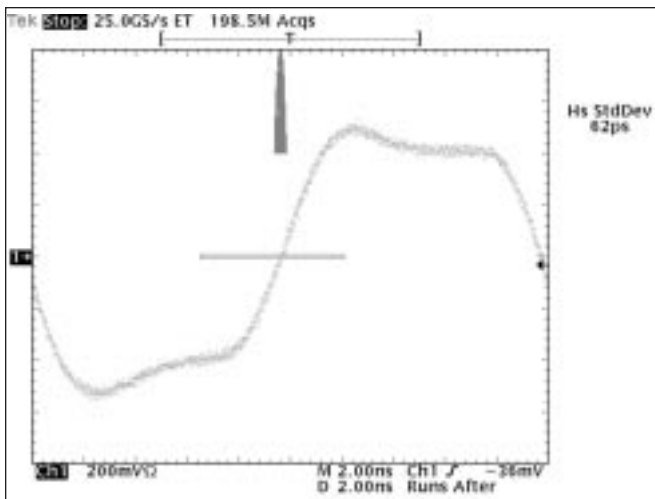


그림 10. 랜덤 지터 측정

또한 색상 등급 표시가 있는 아이 크로싱을 관찰하면 아이 크로싱 포인트를 통해 다른 천이를 일으키는 데이터 의존을 보여 줄 수 있다. 색상 등급 표시는 데이터가 빈번히 발생하는 곳을 밝은 색상으로 보여 준다. 그림 11에서 아이 크로싱 포인트에 두 가지 형태의 에지 분포가 있음을 알 수 있다. 이 명백한 모드는 레이저에 의해 송신되는 다른 데이터 패턴에 의해 야기된 타이밍 오류에 해당한다.

일반적으로 지터 측정의 경우, 통계적으로 유효한 지터 분포를 가지려면 충분한 데이터 샘플을 확보하는 것이 필요하다. 막대 그래프 데이터가 양호한 통계를 갖기 위해서는 수천 또는 수백만의 획득을 포함하고 있어야 한다. 저속의 데이터 속도 신호를 특성분석할 때 DPO 획득 시간은 지터 측정을 느리게 할 수 있다. DPO를 사용하면 막대 그래프를 일반적인 DSO보다 훨씬 빨리 누적하여 측정할 수 있다. Tektronix DPO는 기존 DSO보다 1000배나 빠르게

막대 그래프를 획득하고 측정한다.

마스크 한도 테스트

표준 준수 여부를 결정하는데 마스크를 사용하는 것은 잘 알려진 테스트 기법이지만 마스크 테스트를 디바이스의 특성분석에 사용할 수도 있다. 산업 표준 마스크를 조금 확대하면 표준 요건에 대한 시스템에서의 한도 영향을 결정하는데 도움이 된다. 마스크를 사용하여 디바이스의 한도를 검사하기 위해 대형 마스크를 생성한다. 그런 다음 마스크 테스트를 실행하여 이상 여부를 검사할 수 있다. 마스크 한도 테스트는 TDS

700D/500D DPO로 실행할 수 있다. 그림 12는 원래의 경계 (중앙 마스크)와 한도 테스트에 사용되는 두 개의 크고 작은 한계 마스크가 있는 아이디어 그림 마스크를 보여 준다.

이 테스트에 사용된 대형 마스크는 한도가 20%로 설정되었다. 테스트는 20% 더 큰 마스크를 가지고 실행되었다. 27,584개의 파형 획득 후에 원래 마스크 또는 크거나 작은 한계의 새로운

마스크 어느 곳에서도 마스크 적중은 없었다. 이 테스트에서 표준 요건에 비해 최소한 20% 한도에서 장치를 테스트하고 있음을 결론지을 수 있다.

결론

이 application note은 물리계층 테스트에 필요한 여러 가지 측정을 다루었다. DPO는 물리계층 측정, 디버그, 표준 준수 여부 및 특성화의 여러 측면에서 유용한 도구이다. TDS 700D/500D 디지털 포스퍼 오실로스코프의 통신 분석과 자동 측정 기능은 물리계층 측정에 이상적이라고 할 수 있다.

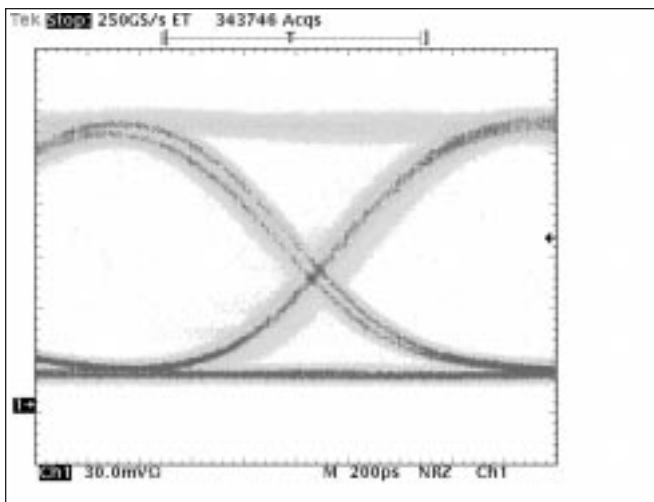


그림 11. 색상 등급 아이 크로싱 표시

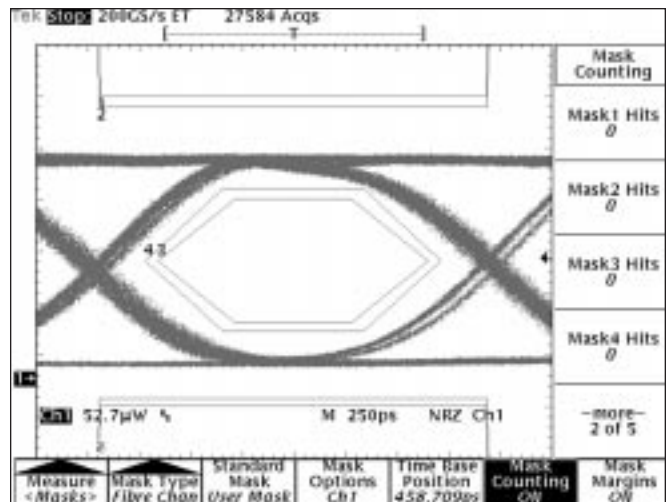


그림 12. 20% 한도가 추가된 아이디어 그림 마스크

관련 제품

TDS 700D/500D 디지털 포스퍼 오실로스코프 외에도 Tektronix는 데이터 통신 시스템 테스트에 적합한 여러 다른 제품들을 제공하고 있다 - 표 3 참조.

표 3. 추가 데이터 통신 테스트 제품

모델 번호	설명
CSA 803C	통신 신호 분석기
11801C	디지털 샘플링 오실로스코프
GB700, GB1400	비트 에러비율 테스터
ATM160	ATM 테스트 세트
MTS200	MPEG 테스트 시스템

참조 문서

ANSI/IEEE 802.3-1996 충돌 검출 장치가 있는 캐리어 분별 다중 접근 (CSMA/CD) 접근 방법 및 물리계층 사양

ANSI X3.166-1990 정보 시스템에 관한 미국 국립 표준 - 광섬유 데이터 분포 인터페이스 (FDDI) - 토큰 링 물리계층 매체 의존 (PMD)

ANSI X3.230-1994 정보 기술용 - 광섬유 채널 - 물리 및 신호 인터페이스 (FC-PH)

ANSI X3.263-1995 정보 시스템에 관한 미국 국립 표준 - 광섬유 데이터 분포 인터페이스 (FDDI) - 토큰 링 꼬인 쌍 물리계층 매체 의존 (PMD)

IEEE 803.3u-1995 매체 접근 제어 (MAG) 변수, 물리계층, 매체 부착 장치 및 100Mb/s 작동용 리피터, 종류 100BaseT.

IEEE 초안 P802.3z-1997 충돌 검출 장치가 있는 캐리어 분별 다중 접근 (CSMA/CD) 접근 방법 및 물리계층 사양에 대한 보충 자료. 매체 접근 제어 (MAC) 변수, 물리계층 및 1000Mb/s 작동용 리피터와 관리 변수.

IEEE 1394-1995 고성능 직렬 버스를 위한 IEEE 표준 ML6673과 베이스라인 윈더. Micro Linear Corporation. 애플리케이션 요약 3.

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, 키프러스 +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

