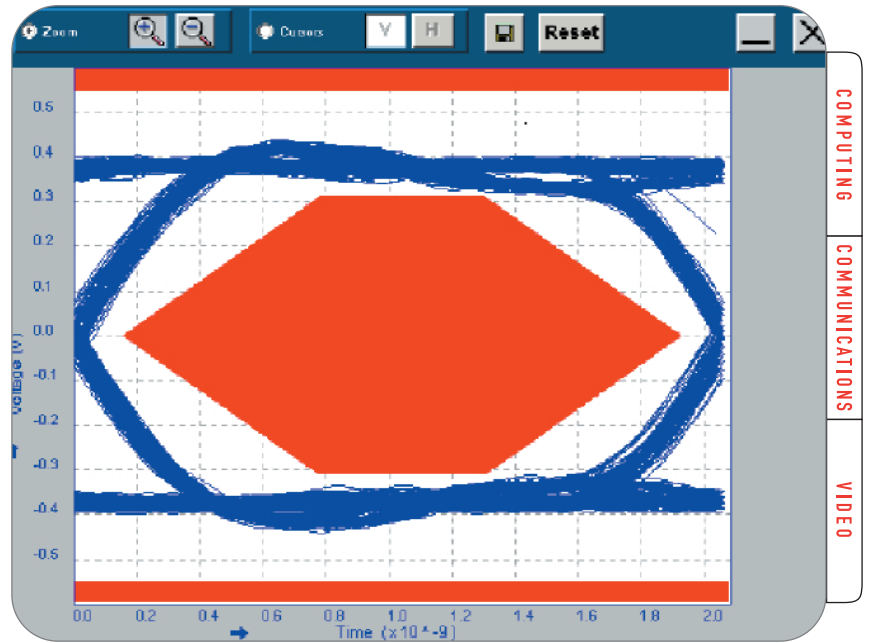


# USB 2.0 물리 계층 테스트의 이해 및 실행



## ▶ 소개

USB 2.0 소자의 설계, 특성화 및 타당성 검증 업무에 종사하고 있는 엔지니어들은 신제품의 보다 빠른 시장 적기 출시 라는 부담을 항상 갖고 있습니다. 그러나 탁월한 성능을 갖춘 텍트로닉스(주)의 테스트 장비들을 사용하는 설계 엔지니어들은 USB-Implementers Forum(주) (USB-IF)가 권장하는 모든 컴플라이언스 테스트를 신속하고 정밀하게 수행해 내고 있습니다.

만능 시리얼 버스 (USB 2.0)라 함은 해당 소자 용 카드를 설치하기 위해 컴퓨터 내부를 열어야 하는 불편함을 배제하기 위해 주변기기를 컴퓨터 외부에서 연결할 수 있도록 제작된 연결기능 인터페이스를 의미합니다. USB준수 소자를 사용하면 주변기기의 용이한 사용, 기능의 확장성 및 작업 처리의 신속성을 보장 받을 수 있습니다.

최근 USB 2.0 기술을 채택하고 있는 제품이 증대되고 있고 40배 이상 빨라진 데이터 속도에서도 사용할 수 있습니다. 이렇게 처리량이 증대됨으로써 풀 모션 (Full Motion) 비디오로부터 포켓형 보조 하드 드라이브에 이르기까지 현재 출시되고 있는 대부분의 주변기기 전 제품에서 사용되고 있는 추세입니다. 반면, 데이터 속도가 급속도로 증가하고 있기 때문에, 그에 따라 테스트 및 측정 업무 상의 난제가 증가되는 것 또한 불가피합니다.

USB 2.0 방법을 채택한 제품은 새로운 컴플라이언스를 갖추고 있어야 합니다. USB 2.0 소자 설계 엔지니어들은 해당 설계를 최적으로 특성화하고 산업 표준 컴플라이언스를 철저히 준수함으로써 소자 제조업체가 USB-IF "인증" 로고를 제품에 부착하여 출시할 수 있도록 업무 초점을 맞추어야 합니다. 따라서, 최적의 장비란 저속, 전속 (full speed) 및 고속 소자 및 허브에 대한 아이 다이어그램 및 파라메트릭 테스트와 같은 USB-IF 컴플라이언스 테스트 성능을 반드시 갖추고 있어야 합니다.

본 애플리케이션 노트에서는 USB 2.0 물리 계층 측정 및 전기 컴플라이언스 테스트 (전기 및 고속 테스트) 업무와 그 실행에 대해 내용과 각 테스트 수행에 사용될 장비에 대해서 알아보겠습니다.

## USB 2.0 물리 계층 테스트

▶ 애플리케이션 노트

### USB 2.0 이란 무엇인가?

USB 2.0은 4-wire ( $V_{BUS}$ , D-, D+ 및 Ground) 시스템을 사용하는 시리얼 버스입니다. D- 및 D+는 정보에 대한 주요 반송자입니다.  $V_{BUS}$  는 호스트 또는 허브로부터 주 전력을 구동하는 소자에 전력을 공급합니다.

USB 2.0특징은 아래와 같습니다:

	데이터 속도	상승 시간
저속 (LS)	1.5 Mb/s	75 ns – 300 ns
전속 (FS)	12 Mb/s	4 ns – 20 ns
고속 (HS)	480 Mb/s	500 ps

USB 2.0 소자는 자체전원 (자체전원이용) 또는 버스제공전원 (호스트 전원 이용) 방식으로 구동 될 수 있습니다. 자체 전원 소자의 경우 가능한 한 낮은 전력을 공급해야 합니다. 여기서 다루고 있는 테스트는 이와 같은 관점에서의 USB 2.0 사양에 대한 내용입니다.

### USB 2.0 전기 테스트

USB 2.0 전기 테스트 내용에는 신호 품질, 유입 전류 검사, 드롭 (drop) 및 처짐 (droop) 테스트가 포함되어 있습니다.

#### 신호 품질 테스트

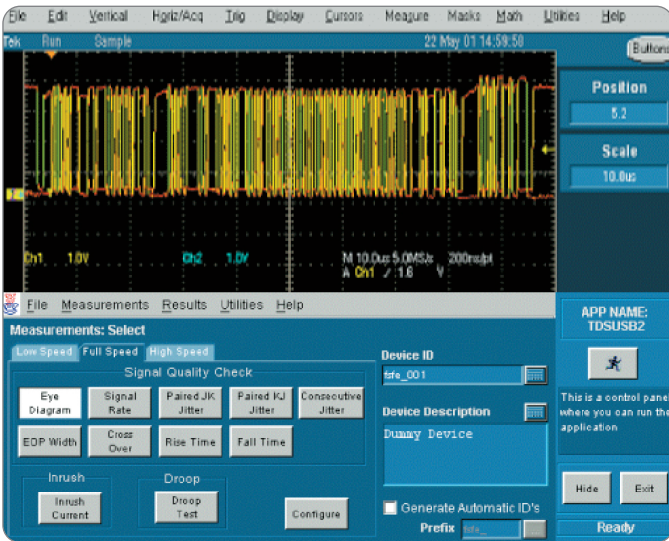
데이터 속도가 40배 이상 증대 됨으로써 USB 2.0 준수 소자 제공 업체들은 새로운 난제에 직면하게 되었습니다. 기판 배열, 지터, 상승 및 하강 시간, EMI, 잡음, 및 접지 바운스와 같은 신호 품질과 같은 항목들에 대한 새로운 기준을 설계시 반영해야 합니다. 따라서 신호 품질을 철저히 유지하는 것이 USB 2.0 기준을 준수 하고 USB 2.0 인증 로고를 부착하기 위한 첫 번째 필수 조건입니다.

신호 품질 테스트 대상은 다음과 같습니다:

- ▶ 아이 다이어그램 테스트
- ▶ 신호 속도
- ▶ 최종 패킷 (EOP) 폭
- ▶ 교차 전압 범위
- ▶ 쌍 JK 지터
- ▶ 쌍 KJ 지터
- ▶ 결과 지터
- ▶ 상승 시간
- ▶ 하강 시간

시리얼 데이터 애플리케이션용으로 아이 다이어그램 테스트 기능을 사용한 것은 최초일 뿐 아니라 업계 유일의 탁월한 기술입니다.

신호 품질을 테스트하기 위한 사용한 테스트 셋업 내용은 업스트림 및 다운스트림 테스트에 대해 각각 차이가 있습니다. 업스트림 테스트의 경우, 소자에서 호스트로 전송된 신호가 포착되고, 다운스트림 테스트의 경우, 호스트에서 전송된 신호가 포착됩니다. 다운스트림 테스트는 항상 허브 포트에서 실행됩니다.

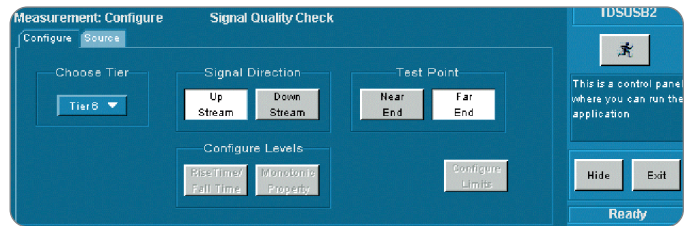


▶ 그림 1. TDS7404 DPO에서 실행 중인 TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지

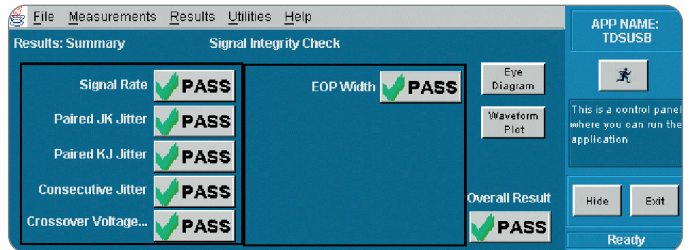
컴플라이언스 테스트를 수행하려면, 여유 있는 테스트 마진을 보장할 수 있도록 최악의 경우 필요한 USB 2.0 위상 (topology)을 설정해 놓아야 합니다. 소자는 최악의 상황에서 테스트 되도록 6 번째 층(tier)에서 테스트되어야 합니다. 또한, 각 허브 레벨은 층과 관련되어 있습니다. 피검허브 (HUT)는 6 번째 층에서 테스트가 수행될 수 있도록 5 번째 층에 연결됩니다.

### 필요 테스트 장비

신호 품질을 테스트하려면 TDS7404 디지털 포스퍼 오실로스코프 (DPO) 또는 TDS694C 디지털 스토리지 오실로스코프 (DSO)와 같은 실시간 오실로스코프 및 싱글엔드형 (저속 및 전속) 프로브 (P6243, P6245) 및 차동 프로브 (P6248)가 필요합니다. 또한, TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지와 같은 테스트 픽스처 및 테스트 소프트웨어를 사용해야 합니다.



▶ 그림 2. TDS7404 DPO에서 실행 중인 TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지



▶ 그림 3. 측정 결과를 자동 디스플레이하는 TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지

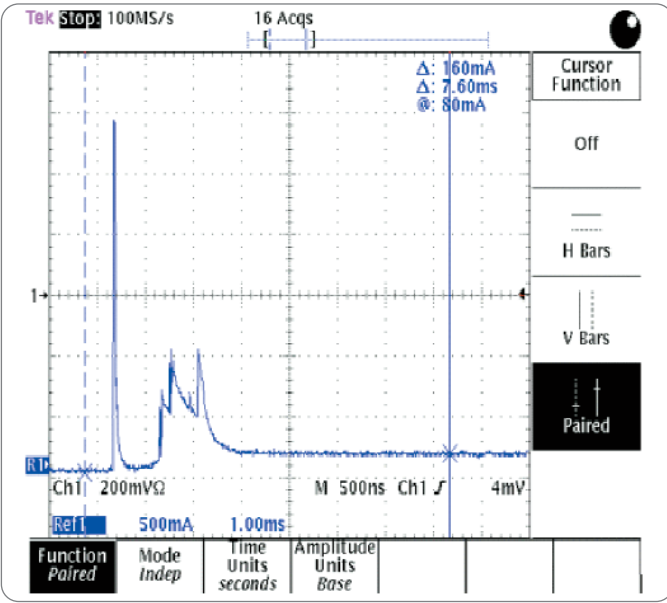
그림 1은 TDS7404 DPO에서 실행되고 있는 TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지입니다. 본 테스트 패키지를 사용하면 신호 품질 테스트가 전자동으로 처리되기 때문에 설계 엔지니어들은 설계 시 테스트 업무를 간편하고 신속하게 수행할 수 있습니다.

사용자는 지정 신호 속도(저, 전 또는 고속)에 적합한 측정 기능을 선택해야 합니다. 이때 애플리케이션을 그림 2에서 보는 바와 같이, 층 (피검소자 연결 층), 테스트 포인트(피검소자 테스트 포인트 - 한 쪽 또는 다른 한 쪽 끝) 및 처리 방향 (업스트림 또는 다운스트림 테스트)을 고려하여 구성해야 합니다. 위 두 단계를 완료한 뒤 애플리케이션을 실행하십시오.

이와 같은 테스트 패키지를 사용하면 USB 2.0 사양과의 테스트 결과 비교, 커서 위치 지정 및 시간이 많이 소요되는 오실로스코프 수동 설정과 같은 지루한 업무를 배제할 수 있습니다. 또한 그림 3 과 같이, 개요 및 상세 결과를 자동으로 디스플레이할 수 있습니다.

## USB 2.0 물리 계층 테스트

### ▶ 애플리케이션 노트



▶ **그림 4.** 상대적으로 경사가 가파르지 않은 감쇄로 인해 발생된 신속한 전류의 유입 예 (TDS694C DSO 사용의 경우)

### 유입 전류 검사

USB 2.0 이 핫-플러그 (hot-plug) 방식을 사용하고 있기 때문에, 소자에 흐르는 전류가 제한 값을 초과해서는 안 된다는 것 항상 염두에 두어야 합니다. 만약 지정 값을 초과한 전류가 흐르는 경우, 버스에 연결된 다른 USB 2.0 소자의 작동이 제한될 수 있습니다. 또한 피검소자 (DUT)가 허브 포트에 연결되어 있을 때 다량의 전류가 흐르지 않는다는 것을 검증하기 위해 자체 전원 및 버스제공 전원 소자에 대해 유입 전류 검사가 수행됩니다.

통상적으로, 소자에 연결되어 있으면 전류가 유입 됩니다. 이와 같은 전류의 유입은 그림 4에서 보는 바와 같이, 상대적으로 경사가 가파르지 않기 때문에 발생합니다. 또한 소자의 리셋에 따라 전류 트레이스에서 작은 봉 또는 잔 파동이 관찰될 수도 있습니다.

이론적으로 유입 전류 검사는 일정한 시간 주기 동안 (오실로스코프 상의 두 수직 커서의 위치로 인해 나뉘어 진)에서의 전체 전류에 대한 계산이 포함되어 있습니다.

USB 2.0 사양에는 소자로 인해 발생된 부하가  $V_{BUS}$  값이 5.15 V인 경우 51.5  $\mu\text{C}$ 와 같거나 작게 나타나 있습니다. (이러한 테스트의 경우 최고 제한은 150  $\mu\text{C}$  보다 작아야 합니다).

### 필요 테스트 장비

유입 전류 검사를 수행하려면 TDS7404 DPO 또는 TDS694C DSO와 같은 실시간 오실로스코프와 전류 프로브 (TCP202)를 갖추고 있어야 합니다. 또한 TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지과 같은, 테스트 픽스처 및 테스트 소프트웨어를 사용해야 합니다. TDSUSB2 테스트 패키지를 사용하면 유입 전류 검사를 위해 오실로스코프를 자동으로 설정할 수 있습니다. 이와 같은 테스트 패키지는 통과 또는 실패 결과를 자동으로 표시해 주고 부하( $\mu\text{C}$ ), 커패시턴스( $\mu\text{F}$ ) 값을 직접 판독할 수 있게 합니다.

### 드롭 테스트

USB 2.0 사양은 버스전원 허브가 4.4 V 또는 그 이상의  $V_{BUS}$  를 유지해야 하며 USB 포트의  $V_{BUS}$  는 4.75 및 5.25 V 사이에 있어야 합니다. 드롭 테스트 기능은 무부하 또는 전 (full)부하 (100 mA 또는 500 mA) 상태 하에서  $V_{BUS}$  를 평가하는 것입니다.

$$V_{\text{drop}} = V_{\text{upstream}} - V_{\text{downstream}}$$

$$V_{\text{upstream}} = \text{허브 업스트림 결선시 } V_{\text{BUS}}$$

$$V_{\text{downstream}} = \text{허브 다운스트림 포트 중 하나에서의 } V_{\text{BUS}}$$

100 mA 부하가 다운스트림 포트상에 존재할 때 버스제공 전원 허브는 다운스트림 및 업스트림 포트 간의 100 mV 와 같거나 작은  $V_{\text{drop}}$  값을 갖고 있어야 합니다. 이와 같은 조건에서 허브는 다운스트림 소자에 4.4 V 를 제공하게 됩니다. 전용 (Captive) 케이블을 갖춘 버스제공 전원 소자는 케이블 전체에 드롭을 포함하는, 업스트림 커넥터 및 다운스트림 포트 간의 350 mV 와 같거나 작은  $V_{\text{drop}}$  값을 갖고 있어야 합니다.

**필요 테스트 장비**

드롭 테스트를 수행하려면 멀티미터를 사용해야 합니다. TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지를 사용하면 테스트 결과를 편리하게 보고할 수 있습니다. 드롭 테스트의 경우 멀티미터 출력 값은 TDSUSB2 테스트 패키지에 입력될 수 있고 이 기록 내용은 사용자에게 통합 보고서로 제공합니다.

**처짐 (Droop) 테스트**

$V_{droop}$  은 100 mA 부하가 피검포트 (PUT)에 적용될 때와 무부하 상태가 적용될 때의  $V_{BUS}$  전압 차와 같습니다 (다른 모든 포트에 부하가 걸림).

USB 2.0의 최대 허용 처짐은 330 mV입니다. 처짐 테스트는 다른 모든 포트가 가능한 최대 부하를 제공하면서 피검포트에 100 mA 부하 및 무부하 상태를 교대로 적용함으로써 최악의 처짐을 평가할 수 있습니다.

**필요 테스트 장비**

처짐 테스트를 수행하려면 TDS7404 DPO 또는 TDS694C DSO와 같은 실시간 오실로스코프와, 싱글엔드형 프로브 (P6243 또는 P6245)를 사용해야 합니다. 또한, TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지와 같은 테스트 픽스처 및 테스트 소프트웨어를 사용해야 합니다.

TDSUSB2 테스트 패키지를 사용하면 수행 테스트에 맞게 구성할 수 있도록 오실로스코프를 자동으로 셋업할 수 있습니다. 애플리케이션을 사용하여 신호를 획득하게 되면  $V_{droop}$  측정을 수행한 뒤, 통과 또는 실패 여부를 표시하고 테스트 측정 결과를 상세하게 나타낼 수 있습니다.

**USB 2.0 고속 테스트**

근본적으로 USB 2.0 소자 컴플라이언스 테스트는 대부분의 USB 1.1 소자용 컴플라이언스 테스트 프로토콜을 사용하고 있습니다. USB 2.0 의 가장 큰 장점은 USB 고속 모드 기능을 채택하고 있다는 것입니다. 고속 모드를 사용함으로써 새로운 차원의 복잡성을 USB 소자 설계 시 적용할 수 있습니다. USB 2.0 고속 테스트 기능은 수신기 민감도, CHIRP, 단조성 (monotonicity) 및 임피던스 측정 테스트를 수행합니다.

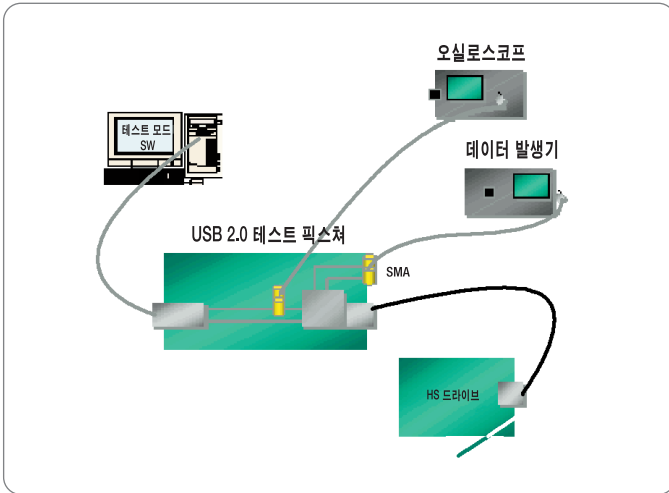
**수신기 민감도 테스트**

잡음이 많은 환경에서 강건하게 작동하려면, 신호 레벨이 지정 레벨을 초과하거나 같을 때 USB 2.0 고속 소자는 반드시 NAK\*에 의해 IN\* 토큰에 응답해야 합니다. 본 테스트는 피검소자 (DUT)를 Test\_SE0\_NAK 모드에서 수행해야 합니다. 이때 호스트는 IN 전송을 지속할 수 있도록 DG2040에 의해 배치되어야 합니다. 신호 진폭은 150 mV 또는 그 이상의 영역에서 DUT에 의해 표시됩니다. 이와 같은 레벨에서, DUT는 NAK에 의해 IN 패킷에 응답하는, 비진압 모드 (unsnatched mode)에 있어야 합니다. 이 때 진폭은 동일 레벨에서 100 mV 이하로 줄어들 때, DUT는 반드시 진압 (snatched)되어야 하고 NAK에 의해 IN 토큰에 응답하지 않아야 합니다.

\*IN 토큰 및 NAK 상세 정보는 USB 사양을 참고하십시오.

## USB 2.0 물리 계층 테스트

▶ 애플리케이션 노트

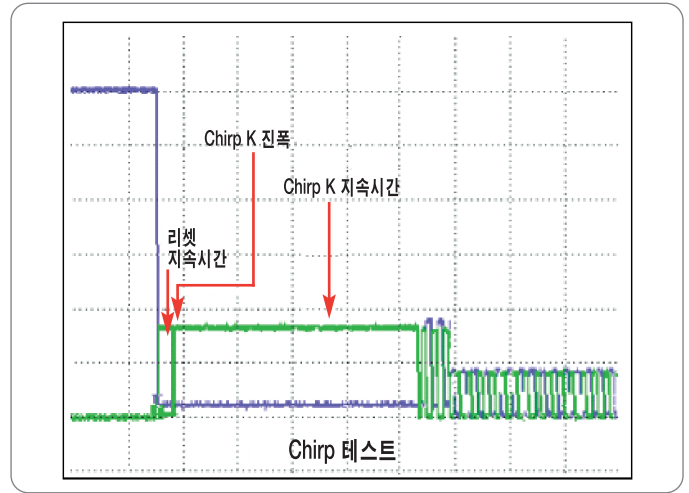


▶ 그림 5. 수신기 민감도 테스트 용 구성 (TDS7404 DPO 및 DG2040 데이터 발생기 사용 시)

### 필요 테스트 장비

수신기 민감도 테스트를 수행하려면 TDS7404 DPO 또는 TDS694C DSO와 같은 실시간 오실로스코프와, DG2040과 같이 다양한 진폭의 IN 토큰을 전송할 수 있는 고속 데이터 소스를 사용해야 합니다. 또한 P6248과 같은 차동 프로브, TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지과 같은 테스트 픽스처 및 테스트 소프트웨어를 사용해야 합니다.

그림 5는 DG2040 데이터 발생기 및 TDS7404 DPO 사용 시 본 테스트 수행을 위한 장비 구성 내용입니다. TDSUSB2 테스트 패키지를 사용하면 수신기 민감도 테스트를 다양한 환경에서 수행할 수 있도록 DG2040 용 테스트 패턴 및 테스트를 설정할 수 있습니다.



▶ 그림 6. CHIRP 테스트 용 테스트 파라미터

### CHIRP 테스트

CHIRP 테스트는 속도 검출 프로토콜에 대해 업스트림 및 다운스트림 포트 두 가지 모두의 기본적인 타이밍 및 전압을 검사합니다. 허브의 경우는, CHIRP 테스트가 반드시 업스트림 및 다운스트림 포트 두 가지 모두에서 실행되어야 합니다.

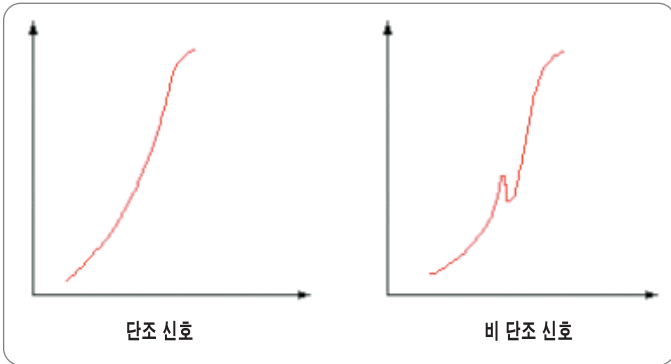
CHIRP 테스트를 수행하려면 핫-플러그 방식 DUT를 사용해야 하고 신호방식은 두 가지 데이터 회선에서 싱글엔드형 프로브에 의해 측정되어야 합니다. 데이터는 소자적용 종단 이전 KJKJKJ 이후 지연 및 고속 종단 이전의 KJ 쌍 개수, 리셋 지속시간, CHIRP K 지속시간, CHIRP K 진폭을 위해 분석됩니다.

그림 6은 CHIRP 테스트 수행에 필요한 다양한 테스트 파라미터에 대한 내용입니다 (TDS694C 사용시).

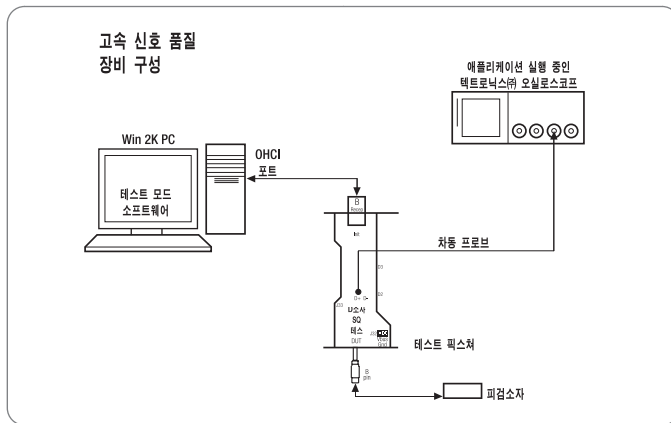
### 필요 테스트 장비

CHIRP 테스트를 수행하려면 TDS7404 DPO 또는 TDS694C DSO와 같은 실시간 오실로스코프와, 싱글엔드형 프로브 (P6243 또는 P6245)를 사용해야 합니다. 또한, TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지과 같은 테스트 픽스처 및 테스트 소프트웨어를 사용해야 합니다.

다양한 CHIRP 유형 및 조건을 수동으로 분석한다는 것은 너무 많은 시간이 소요됩니다. 따라서 TDSUSB2 테스트 패키지를 사용하면 테스트 과정을 자동화할 수 있고 결과 문서화 또한 자동으로 실행됩니다.



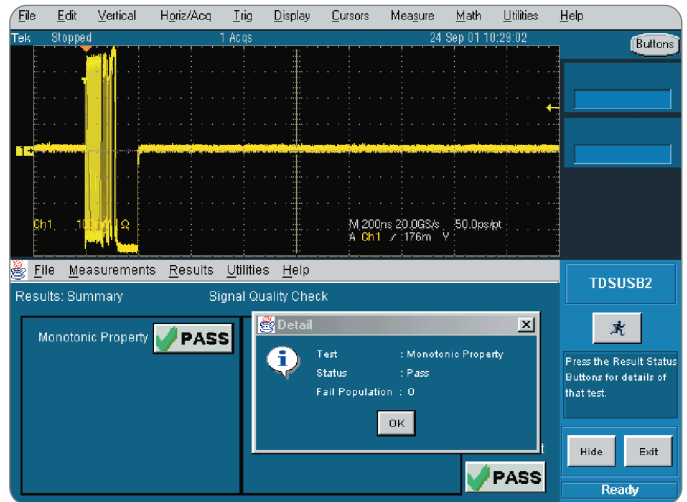
▶ 그림 7. 상승 시간이 500 ps 인 단조 및 비-단조 USB 2.0 고속 신호의 예



▶ 그림 8. 단조 방식의 경우 각 상승 및 하강 에지를 검사하고 테스트 패킷을 포착하는 TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지 사용의 예

## 단조성 테스트

USB 2.0 고속 컴플라이언스를 테스트 할 때 개발자들은 문제 신호의 단조성 여부를 검증해야 합니다. 단조성은 전송된 신호가 역 방향으로 진로를 바꾸는 것이 없이 진폭이 증가하거나 감소하는 것을 검증합니다. 신호의 비-단조 움직임은 회로의 불안전, 고 주파 잡음 및 지터 문제로 인해 발생합니다. 500 ps 상승 시간을 갖는 USB 2.0 고속 신호를 사용하여 단조 신호와 비-단조 신호를 비교한 그림이 그림 7에 나타나 있습니다.



▶ 그림 9. 고속 신호 품질 테스트 구성을 사용하는 단조성 테스트 설정

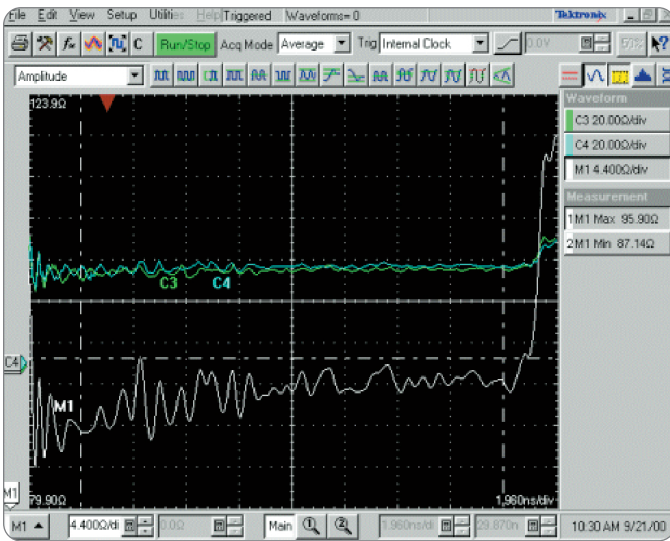
## 필요 테스트 장비

신호의 단조 움직임을 검증하기 위해 사용한 오실로스코프는 상승 또는 하강 에지 상에서 되도록 많은 샘플링 포인트를 포착할 수 있도록 충분한 샘플링 속도를 구현할 수 있어야 합니다. 또한, 오실로스코프는 고 주파수 비-단조 트랜지션이 확실히 감쇄되지 않도록 충분한 대역폭을 갖추고 있어야 합니다. 그러므로, 10 GS/s 샘플링 속도 및 3 또는 4 GHz 대역폭을 갖는, TDS694C DSO 또는 TDS7404 DPO와 같은 오실로스코프는 신호 단조성을 테스트하기 위한 최적의 장비입니다.

또한 단조성을 테스트하려면 TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지와 같은 테스트 픽스처 및 테스트 소프트웨어를 사용해야 합니다. USB 2.0 소자에 대한 단조성 테스트는 테스트 패킷을 검사하는 동안 검증됩니다. TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지를 사용하면 그림 8에서 보는 바와 같이, 테스트 패킷을 포착할 뿐 아니라 신호의 단조 움직임에 대해 각 상승 및 하강 에지를 검사할 수 있습니다. 또한 그림 9에서 보는 바와 같이 Set-up 기능을 사용하여 고속 신호 품질 테스트 설정 사항을 구성할 수 있습니다. 고성능 오실로스코프에 TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지를 탑재하여 사용하면 위 과정을 자동 처리하고 테스트 결과의 반복성을 보장 받을 수 있습니다.

## USB 2.0 물리 계층 테스트

### ▶ 애플리케이션 노트



▶ 그림 10. 80E04 TDR 샘플링 모듈을 장착한 TDS8000 디지털 샘플링 오실로스코프를 사용하여 수행한 TDR 측정

### 임피던스 측정 테스트

USB 2.0 고속 모드의 고속 신호 때문에, 정밀 테스트 결과는 트레이스 및 패키징 임피던스에 따라 크게 좌우 됩니다. 현재 USB 2.0 고속 사양에는 케이블, 실리콘 및 소자에 대한 차동 임피던스 측정 기능이 나타나 있습니다.

또한 차동 TDR 임피던스 스텝 응답을 400 ps로 설정해야 하고 DUT 커넥터에 따라 임피던스 제한을 정의해야 합니다. 일반적으로, 임피던스는 커넥터에 의해 제공된 거리에서 70 및 110 사이의 값을 가져야 합니다. 또한 케이블은 지정 임피던스 제한에 부합되어야 합니다. 임피던스 제한은 90 ± 15% 입니다.

### 필요 테스트 장비

임피던스 측정 테스트를 위해 최대 8개 채널에서 동시에 탁월한 TDR 성능을 구현할 수 있는, 80E04 TDR 샘플링 모듈을 탑재한 TDS8000 디지털 샘플링 오실로스코프와 같은 시간 도메인 반사측정기를 사용해야 합니다.

그림 10은 TDS8000 디지털 샘플링 오실로스코프 사용 시 TDR 측정 예입니다. 최소 및 최대 값은  $90\Omega \pm 15\%$  USB 차분 사양에 지정된 공차 내에서 측정됩니다.

테스트 장비	신호 품질 테스트	유입 전류 검사	처짐 테스트	수신기 민감도 테스트	CHIRP 테스트	임피던스 측정 테스트
실시간 오실로스코프	Y	Y	Y	Y	Y	
시간 도메인 반사측정기						Y
데이터 발생기					Y	
스트 픽스처	Y	Y	Y	Y	Y	Y
테스트 소프트웨어	Y	Y	Y	Y	Y	
차동 프로브	Y			Y		
싱글 엔드형 프로브	Y		Y		Y	
전류 프로브		Y				

주: 드럼 테스트는 멀티미터를 사용하여 수행.

### USB 2.0 물리 계층 테스트에 필요한 계장 요구사항

USB 2.0의 고속 데이터 속도로 인해 비트 속도가 현저하게 증대됨으로써 기존 PC를 필수 장비로 작업공간 및 자택에서 보다 친숙하게 사용하기 위해 새로운 USB 사용자 애플리케이션 영역이 발생됩니다. 좋은 제품을 소비자가 사용할 수 있게 하는 것도 중요하지만, 적기에 시장에 출시 하는 것 또한 매우 중요한 요소입니다. USB 설계 엔지니어들은 최적의 장비를 사용하여 위 두 가지 목적을 동시에 달성하는 것이 최우선 과제입니다. 또한 최적의 장비 뿐 아니라 테스트 픽스처 및 전자동화 소프트웨어, 오실로스코프의 대역폭, 상승 시간 및 샘플링 속도 또한 중요 고려 사항입니다.

USB 2.0 물리 계층 타당성 및 전기 컴플라이언스를 테스트하려면 위 표에 나타난 바와 같이 여러 가지 기종의 테스트 장비를 사용해야 합니다.





▶ 그림 11. TDS7404 디지털 포스퍼 오실로스코프

## USB 2.0 물리 계층 테스트용 장비 선택 요령

### 실시간 오실로스코프

USB 2.0 측정 수행시 가장 중요한 장비는 실시간 오실로스코프입니다. 오실로스코프 선택시 상승 시간, 대역폭 및 샘플링 속도를 우선적으로 고려해야 합니다. 다음 단락은 실시간 오실로스코프의 요구 성능 특성에 대한 설명입니다.

### 오실로스코프 대역폭/상승 시간의 정밀 측정 기여도

오실로스코프의 요구 상승 시간과 피 측정 신호의 상승 시간과는 관련성이 매우 높습니다. 측정 상승 시간 [RT(measured)], 오실로스코프 상승 시간 [RT(oscilloscope)] 및 신호 상승 시간 [RT(signal)] 상관 실험식은 아래와 같습니다;

$$RT(\text{measured}) = \sqrt{[RT(\text{signal})^2 + RT(\text{oscilloscope})^2]}$$

아래 표는 위 식을 적용한 오실로스코프 상승 시간/신호 상승 시간 비 대 % 오류 범위에 대한 목록입니다.

상승/하강 시간 대 오실로스코프 대역폭 및 상승 시간	대역폭 (GHz)	상승 시간 (ps)	측정 상승 시간*	% 오류
	4	100	509	1.80%
	3	120	514	2.80%
	2	180	531	6.20%
	1	340	604	21%
	1	400	640	28%

\* 상승 시간이 500 ps 인 신호의 경우

오실로스코프와 신호의 상승 시간 비율이 5일 때, 오류율은 1.8%로 감소합니다. 그러나, 오실로스코프 상승 시간이 낮아지면 낮아질수록, 신호 측정 시 오류율은 더욱 높아 집니다. 따라서, 상승 시간이 500 ps인 신호를 측정하려면 TDS7404 DPO 또는 TDS694C DSO와 같이 상승 시간이 100-120 ps 인 오실로스코프를 사용해야 합니다.

## USB 2.0 물리 계층 테스트

### ▶ 애플리케이션 노트

#### 테스트 수행시 오실로스코프의 샘플링 속도 중요도

500 ps의 고속 에지에서 정보를 포착하려면, 최소한 에지 당 10개의 포인트에서 샘플링 해야 합니다. 이와 같은 조건은 고속 테스트 및 신호 단조성 테스트 수행시 더욱 중요시 해야 합니다.

#### 텍트로닉스(주) 제공 솔루션

500 ps 에지 상에 최소 10개의 포인트에서 샘플링을 실시하려면, 오실로스코프 샘플링 속도는 반드시 20 GS/s 이상이어야 합니다.

텍트로닉스(주) 실시간 오실로스코프 목록은 다음 표와 같습니다.

사양	TDS7404	TDS694C	TDS7254
상승/하강 시간	100 ps	120 ps	160 ps
% 오류	1.8%	2.80%	4.80%
샘플링 속도	20 GS/s	10 GS/s	20 GS/s

주: 최소 500 ps의 고속 에지 속도를 필요로 하는 USB 2.0.

TDS7404 디지털 포스퍼 오실로스코프 (DPO) 는 TDS7000 시리즈 Windows-기반 오실로스코프 중 최고속 성능을 구현하는 제품입니다. 최고 20 GS/s 실시간 샘플링 속도 및 4 GHz 대역폭을 갖는 4-채널 TDS7404는 USB 2.0 설계를 검증, 디버그 및 특성화하기 위해 사용되는 고 성능 솔루션용 표준 제품입니다. 본 장비는 작동이 용이할 뿐 아니라 설계 용 주변 기기에 대해 개방형 연결이 가능할 뿐 아니라 타의 추종을 불허하는 신호 획득 성능을 갖추고 있습니다. 또한 텍트로닉스(주) 특허 DPX™ 획득 기술을 채택함으로써 400,000 wfms/s의 최고 파형 포착 속도를 구현하는 TDS7404 DPO를 사용하면 간헐 이벤트를 정밀하고 용이하게 검출 및 포착할 수 있습니다.

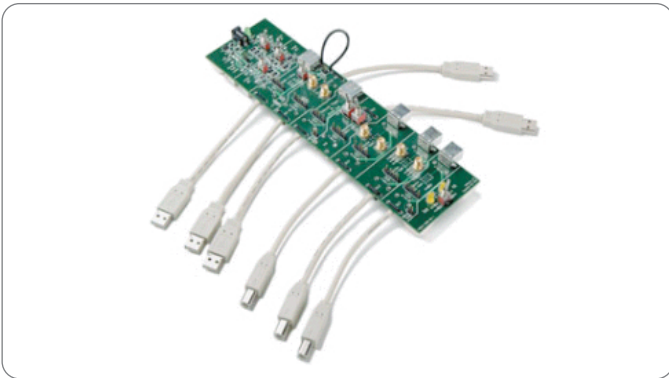
TDS694C 디지털 스토리지 오실로스코프 (DSO) 를 사용하는 USB 2.0 소자 설계 엔지니어들은 디지털 설계시 특성화 및 디버그 문제를 보다 신속 정밀하게 해결할 수 있습니다. 이와 같은 4-채널 오실로스코프는 USB 차동 데이터 버스에서 데이터 지터를 측정하고 셋업-앤-홀드 시간을 특성화 뿐 아니라 설계 마진을 검증할 수 있도록 채널 당 10 GS/s 실시간 샘플링 속도 및 3 GHz 대역폭을 갖추고 있습니다. 또한 TDS694C는 29 가지 자동 측정 기능을 갖추고 있고, 측정 통계 자료를 사용함으로써 설계 검증 및 특성화를 보다 간단하게 수행할 수 있습니다.

#### 시간 도메인 반사측정기 (Time Domain Reflectometer)

임피던스 측정 테스트는 시간 도메인 반사측정기를 사용하여 수행합니다. 80E04 TDR 샘플링 모듈을 탑재한 TDS8000 디지털 샘플링 오실로스코프는 USB 2.0 소자 및 케이블의 임피던스를 측정할 수 있는 명실상부한 차동 (differential) 시간 도메인 반사측정기입니다. 이와 같은 오실로스코프에 샘플링 모듈을 탑재하면 차동 (differential) 라인 특성의 개별 포지티브 및 네거티브 TDR 파형 모두를 디스플레이하고 차동 라인의 공동 모드 전압 또는 각 컨덕터 임피던스를 직접 측정할 수 있습니다. 또한 본 테스트 시스템을 사용하면 단위의 임피던스가 디스플레이 됨으로써 위 두 라인의 실효 차분 측정값을 디스플레이하고 모든 USB 2.0 소자를 타당화할 수 있습니다.

#### 신호원

수신기 민감도 테스트용 신호원을 사용해야 합니다. DG2040은 표준 준수 USB 2.0 고속 데이터를 출력하기 위해 간편하게 프로그래밍할 수 있는 1.1 GHz 로우 지터 발생기입니다. USB 소자에서 사용되는 비-표준 차동 신호방식을 두 채널에서 출력할 수 있습니다.



▶ 그림 12. 테스트 픽스처

## 테스트 픽스처

테스트 픽스처는 모든 테스트 설정에 대해 프로빙 업무를 가능케 하는 최적의 테스트 도구입니다. 픽스처는 차동 데이터 라인 (D+, D- 및  $V_{BUS}$ )에 액세스할 수 있어야 하고 온-보드 USB 커넥터 또는 유선 동글 (dongle)을 사용하여 액세스/연결해야 합니다.

수신기 민감도를 테스트하는 경우, 소자를 시뮬레이션할 수 있도록 SMA 케이블을 사용하여 데이터 발생기를 데이터 라인에 연결해야 합니다. 또한 케이블 액세스는 TDR 측정 소자를 사용하여 임피던스를 측정할 수 있어야 합니다.

따라서 TDSUSB2 테스트 패키지를 사용하면 그림 12에서 보는 바와 같이 USB 2.0 테스트를 수행할 수 있는 탁월한 성능의 컴플라이언스 테스트 픽스처 기능을 구현할 수 있습니다.

## 테스트 소프트웨어

사용자는 기호에 따라 전자동 테스트 소프트웨어, 반자동 테스트 소프트웨어 및 수동 테스트 절차를 선택할 수 있습니다.

## 전자동 테스트 소프트웨어

TDSUSB2 컴플라이언스 테스트 패키지와 같은 전자동 테스트 소프트웨어는 오실로스코프 자동 설정 기능, 고속 테스트 자동화 기능 및 순간 작동이 가능한 "원-터치" 테스트 기능을 사용함으로써 타의 추종을 불허하는 테스트 효율성을 구현할 수 있습니다. 따라서 본 테스트 패키지를 사용하면 테스트 소요 시간과 측정 오류 발생 또한 현저하게 줄일 수 있습니다.

## 반자동 테스트 소프트웨어

명칭에서 알 수 있듯이, 본 솔루션을 사용하면 테스트 과정을 정밀하게 자동화 할 수 있지만 컴플라이언스 테스트 요구사항을 정확하게 충족시킬 수 없게 되어 결과적으로 전체 처리량이 줄어들게 됩니다.

계속해서 테스트를 수동으로 실행해야 하는 경우는 상승 및 하강 시간을 계산할 때와 수신기 민감도, CHIRP 및 단조성을 테스트할 때입니다.

## 수동 테스트

기존 방법에 따라, 개발자들은 MATLAB 스크립트를 사용하여 컴플라이언스를 테스트 합니다. 사용자들은 MATLAB 스크립트를 사용할 때, 오실로스코프의 설정, 커서 정밀 배치, 포착 신호의 저장 (.tsv 파일), 및 MATLAB 스크립트 실행과 같은 작업을 전체 테스트 업무와 동시에 수동으로 수행하고 있습니다.

테스트 및 설정 업무가 복잡하기 때문에 수 많은 테스트 전문 엔지니어들이 필요로 합니다. 오실로스코프 설정 내용들이 기타 여러 가지 테스트 구성과는 다르기 때문에 오실로스코프 설정 업무는 시간이 많이 소요될 뿐 아니라 매우 까다로운 작업입니다. 따라서 사용자는 효율이 저하된 상태에서 테스트를 어렵게 수행함으로써 소중한 시간을 낭비하게 됩니다.

## 프로브

프로브는 계측 시스템을 사용하여 다양한 USB 2.0 컴플라이언스를 테스트 할 때 사용되는 필수 도구입니다. 이에 텍트로닉스(주)는 신호의 최대 충실도를 유지하면서 미세-피치, 작업이 난해한 고밀 기판에 보다 쉽게 액세스할 수 있는 차동 (P6248), 싱글엔드형 (P6243, P6245) 및 전류 (TCP202) 프로브를 제공하고 있습니다.

# USB 2.0 물리 계층 테스트

## ▶ 애플리케이션 노트

### 결론

데이터 속도가 40 배 이상 증대됨으로써 발전된 USB 2.0 기술을 사용하고 있는 소자 설계 엔지니어들은 사용의 간편성을 추구하는 소비자들의 요구에 맞게 USB 2.0을 채택한 고성능 주변기기 용 소자를 설계해야 합니다. 그러나, 이와 같은 데이터 속도의 급격한 증대로 인해 소자 설계 엔지니어들이 해결해야 할 설계 난제 또한 현저하게 증가하는 추세입니다.

이러한 추세를 감안하여 텍트로닉스(주)는 USB 2.0 소자 설계 엔지니어들이 설계 제품의 물리 계층 타당성 및 전기 컴플라이언스 테스트를 신속하고 정밀하게 수행할 수 있도록 고성능 오실로스코프, TDR장비, 고속 데이터 발생기, 업계를 선도하는 프로브 및 전자동 컴플라이언스 패키지 제품을 제공하고 있습니다. 결론적으로, 최적의 USB 2.0 측정 솔루션인, 위 장비 세트는 타의 추종을 불허하는 사용의 간편성과 탁월한 성능을 설계 엔지니어에게 제공합니다.

텍트로닉스(주)는 웹 사이트 [www.tektronix.com/usb](http://www.tektronix.com/usb) 를 통해 USB 소자 설계 엔지니어들이 필요로 하는 최신 자료들을 제공하고 있습니다.

### Tektronix(주) 연락처:

- 아시아 국가들 (65) 356-3900
- 오스트리아 +43 2236 8092 262
- 중앙유럽 및 그리스 +43 2236 8092 301
- 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 (0) 1 69 86 80 34
- 독일 +49 (221) 94 77 400
- 홍콩 (852) 2585-6688
- 인도 (91) 80-2275577
- 이태리 +39 (02) 25086 1
- 일본 (소니/텍트로닉스 주식회사) 81 (3) 3448-3111
- 멕시코, 중앙 아메리카, 캐리비안 52 (5) 666-6333
- 네덜란드 +31 (0) 23 569 5555
- 노르웨이 +47 22 07 00
- 중국 86 (10) 6235 1230
- 폴란드 +48 (0) 22 521 53 40
- 한국 82 (2) 528-5299
- 러시아, CIS, 및 발트 +358 (9) 4783 400
- 남아프리카 +27 11 254 8360
- 스페인 +34 (91) 372 6055
- 스웨덴 +46 (8) 477 6503/4
- 대만 886 (2) 2722-9622
- 영국, 아이레 공화국 +44 (0) 1344 392400
- 미국 1 (800) 426-2200

미국 이외의 지역 텍트로닉스(주) 연락처 : 1 (503) 627-7111

Updated October 30, 2001

### 상세 정보

텍트로닉스(주)는 설계 엔지니어들이 최첨단 환경하에서 항상 작업을 용이하게 할 수 있도록 광범위하고, 다양한 애플리케이션 노트, 방법 개요 및 기타 자료집을 지속적으로 개발, 발전, 유지 보완하고 있습니다. 상세 정보는 [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)



저작권 © 2001, Tektronix, Inc. 모든 권리 보유. Tektronix 제품은 발행되거나 출원 중인 미국 및 그 외 나라의 특허권에 의해 보호됩니다. 본 출판물에 포함된 정보는 이전에 발행된 모든 내용을 대체하는 것입니다. 본사는 제품의 사양 및 가격 변경의 권리를 소유합니다. TEKTRONIX 및 TEK은 Tektronix, Inc.의 등록 상표입니다. 기타 모든 상호는 해당 회사의 서비스 마크, 상표 또는 등록 상표입니다.  
11/01 HMM/PG 55K-15027-0