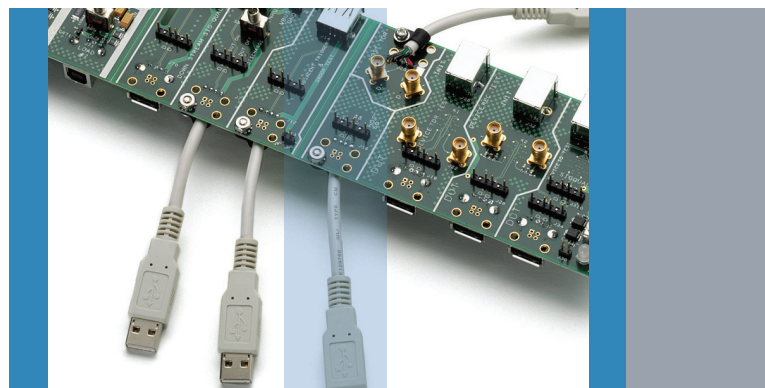
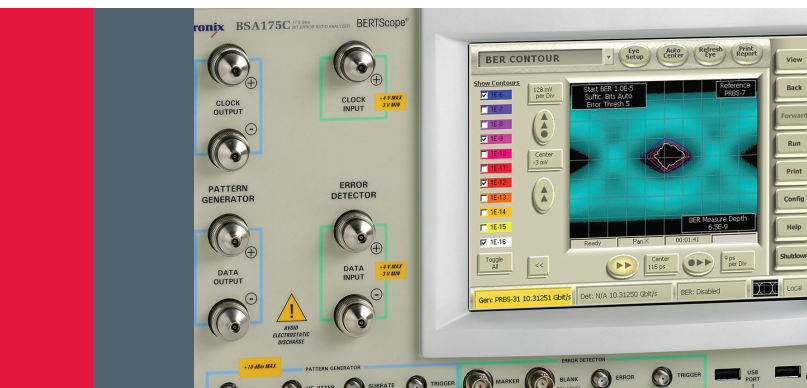




USB 3.0 리시버 적합성 테스트

애플리케이션 노트

목차

초록	3
소개	3
USB 3.0 장치 및 커넥터	4
USB 3.0 리시버 테스트	5
스트레스 아이 보정	6
장비 설정	6
스트레스 아이 보정 방법	6
스트레스 아이 보정 방법	7
스트레스 아이 레시피 성분	7
패턴 발생기 설정	8
데이터 패턴	9
디엠퍼시스	10
SSC(스프레드 스펙트럼 클럭킹)	11
분석기 설정	12
CTLE(연속 선형 이퀄라이저) 함수	13
JTF(지터 전송 함수)	14
지터 허용 오차 테스트	14
장비 설정	15
리시버 루프백	15
비동기 BER 테스트	16
허용 오차 마스크	17
결론	17

초록

SuperSpeed USB(USB 3.0)가 이전 세대 USB만큼 보편화될 것 같다. 하지만 USB 2.0에 비해 10배 이상 빨라진 5Gb/s에서 더욱 까다로운 물리 계층 테스트와 리시버의 BER(비트 오류율) 테스트가 필요하게 되었다. 이 논문은 텍트로닉스 BERTScope 제품군을 사용한 다양한 예와 함께 리시버 적합성 테스트의 요구 사항을 살펴 본다.

소개

USB(Universal Serial Bus)는 아마도 오늘날 가장 잘 알려진 컴퓨터 주변기기 인터페이스일 것이다. USB는 모바일 통신 장치, 외장 FLASH 드라이브, 디지털 카메라와 같은 다양한 전자 제품을 컴퓨터에 연결해 주는 현대 일상 생활의 유비쿼터스이다.

모든 직렬 버스 표준과 마찬가지로, 더 빠른 데이터 전송 속도와 더 효율적인 전력 소비에 대한 요구가 증가하면서 이에 대응하는 방향으로 발전하고 있다. 예를 들어, USB 외장 스토리지 장치의 용량이 테라바이트 단위에 이르고 있으며, 풀 해상도 디지털 사진이나 영화 한 편과 같은 큰 파일을 호스트 컴퓨터에 더 빠르게 전송하기를 원하는 소비자의 기대가 상승하고 있다.

이러한 요구에 대응하기 위해 최근 버전인 USB 3.0(SuperSpeed USB)이 설계되었다. USB 3.0의 규격은 2008년 11월 17일 완성되었으며 공급업체들은 새 표준과 호환되는 제품을 소개하기 위해 준비하고 있다. USB 2.0으로부터 향상된 점은 다음과 같다.

- 빠른 데이터 속도(5Gb/s, USB 2.0의 경우 480MB/s). 이는 USB 3.0 리시버 테스트에 많은 영향을 미치는데, 데이터 속도가 높을수록 USB 2.0에 비해 물리 계층에 더 많은 부담이 가해지고 적합성 테스트는 더욱 까다로워지기 때문이다. 예를 들어, 이제는 리시버 테스트에서 BER(비트 오류율) 테스트를 수행해야 한다.
- 필요할 때 더 많은 전력을 공급하고 필요하지 않을 때 더 많은 전력을 절감한다.
- ~~전이중~~ 데이터 전송(USB 2.0의 경우 ~~반이중~~)
- 새로운 커넥터와 케이블을 사용하며 USB 2.0과 역호환성을 지원한다.

USB 3.0 표준의 높은 성능으로 인해 다음 절에 설명된 것과 같이 리시버 테스트가 추가되는 것을 포함하여 테스트 요구사항에 커다란 변화가 나타났다.

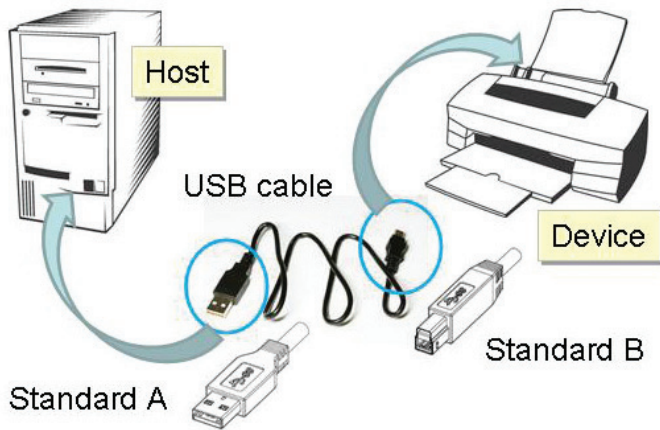


그림 1. 표준 A 및 표준 B USB 커넥터는 PC와 같은 USB 호스트를 USB 케이블을 통해 프린터 등의 디바이스에 연결한다.

USB 3.0 장치 및 커넥터

USB 3.0 장치는 호스트와 디바이스, 두 종류로 제작된다.

- **호스트**는 USB 컨트롤러가 상주하는 곳이다(예: PC). 여기에는 CPU, 버스, 운영 체제가 포함된다.
- **디바이스**는 메모리 스틱, 외장 디스크 드라이브, 프린터, 디지털 카메라, 휴대폰/PDA와 같은 USB 허브 또는 주변기기이다.

리시버 테스트 요구사항은 호스트와 디바이스 모두 동일하지만, 다음과 같이 테스트에 필요한 어댑터와 케이블이 다르다.

USB 3.0 규격에 정의된 커넥터에는 네 가지 유형이 있다.

- **표준 A** 커넥터는 호스트에 연결된다. 또한 PC에 있는 USB 포트이면서 유비쿼터스 USB 메모리 스틱의 커넥터 유형이기 때문에 소비자에게 가장 익숙한 종류의 커넥터이다.
- **표준 B** 커넥터는 프린터와 같은 대형 고정식 USB 주변기기와 외장 하드 드라이브에 일반적으로 사용된다. 이 커넥터는 주변기기와 PC를 연결하는 USB 케이블의 반대쪽에 있는 것이 보통이다.
- **파워 B** 커넥터는 표준 B와 같은 규격이지만 전원 및 접지를 위한 추가 핀이 있다.
- **마이크로** 커넥터는 디지털 카메라와 같은 작은 주변기기에 사용된다.

케이블(플러그)의 SuperSpeed B측 커넥터는 USB 2.0 B 소켓과 호환되지 않지만, A측은 완벽히 호환된다. 따라서 USB 3.0 디바이스를 USB 2.0 호스트에 꽂을 수 있다. 모든 USB 3.0 소켓은 USB 2.0과 3.0 플러그를 지원하므로 USB 2.0 케이블 및 디바이스를 USB 3.0 호스트에서 사용할 수 있다.

표준 A 및 표준 B 커넥터는 리시버 적합성 테스트에 사용된다.

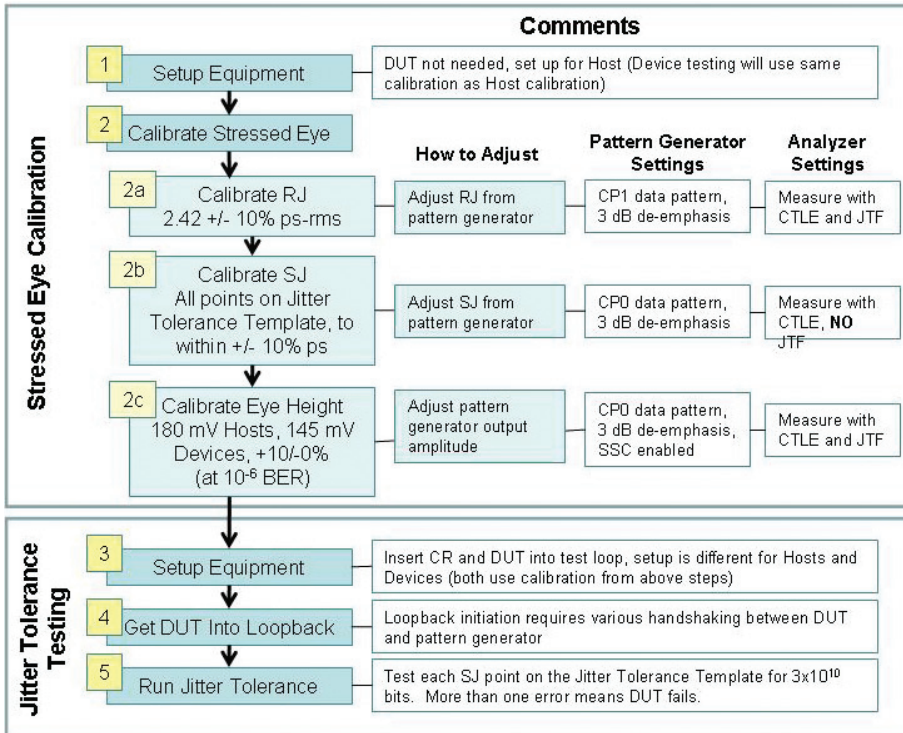


그림 2. 스트레스 아이 보정의 1, 2단계는 2.1절에서 다룬다. 지터 허용 오차 테스트의 3~5단계는 2.2절에서 다룬다. 모든 단계는 3절의 예제에서 살펴 본다.

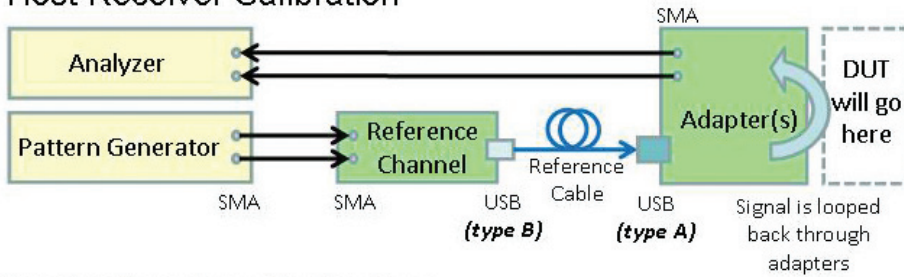
USB 3.0 리시버 테스트

USB 3.0의 리시버 테스트는 다른 고속 직렬 버스 리시버 적합성 테스트와 유사하지만, 일반적으로 두 단계로 나뉜다.

- **스트레스 아이 보정**은 리시버를 테스트하기 위해 최악의 신호 상태를 만드는 절차를 가리키는 업계 용어이다. 이 최악의 신호는 지터를 추가하여 수평으로 손상되는 동시에 배포 시 리시버가 볼 수 있는 최저 진폭을 설정하여 수직으로 손상되는 것이 일반적이다. 스트레스 아이 보정은 테스트 픽스처, 케이블 또는 기기가 변경될 경우 반드시 수행해야 한다.

- **지터 허용 오차**에서는 보정된 스트레스 아이를 입력으로 사용한 다음 증가하는 주파수의 추가 SJ(정현파 지터)를 적용하여 리시버를 테스트한다. 이렇게 적용된 SJ는 리시버 내의 클록 복구 회로를 실행하여 테스트하는 리시버가 최악의 신호 상태를 사용하는 동시에 해당 클록 복구도 명시적으로 테스트된다. 적용된 SJ의 크기와 빈도는 표준에 명시된 템플릿을 따른다. 이 지터 허용 오차 템플릿은 클록 복구 PLL의 대역폭을 지원한다. 클록 복구가 이 정현파 지터를 추적하기 때문에 루프 대역폭 내에서 적용된 많은 양의 SJ가 허용되지만, 루프 대역폭을 초과할 경우의 지터는 추적되지 않고 다운스트림 리시버 회로에 영향을 미치기 때문에 적은 양만 허용될 수 있다.

Host Receiver Calibration



Device Receiver Calibration

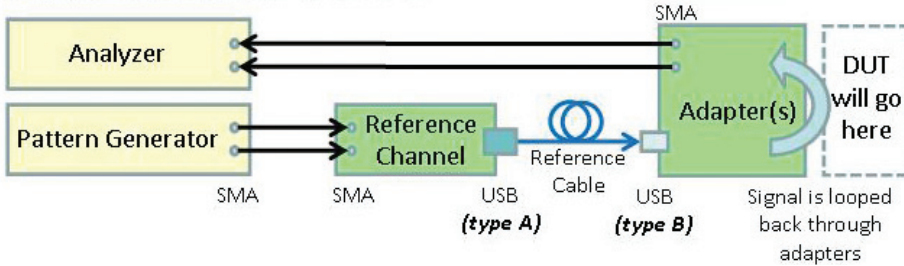


그림 3. 호스트(위) 및 디바이스(아래)의 스트레스 아이 보정 설정

스트레스 아이 보정

스트레스 아이 보정에서는 호환 픽스처와 채널로 테스트 장비를 설치한 다음 지터와 같이 다양한 종류의 적용된 스트레스를 반복적으로 측정 및 조정해야 한다. 이 보정 단계는 DUT 없이 수행하며, 호환 테스트 픽스처 및 채널을 이용하여 테스트 장비에서 생성된 특정 데이터 패턴으로 수행한다.

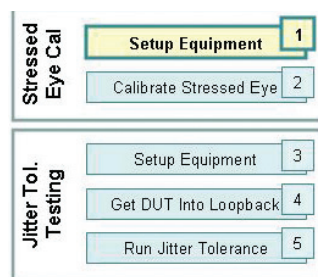
장비 설정

스트레스 아이 보정 설정은 호스트 및 디바이스에 대한 그림 2에 나와 있다. DUT는 스트레스 아이 보정에 필요하지 않지만, 그림 3에서는 테스트 중 DUT를 배치할 수 있는 위치를 보여 주고 있다. 대신, 신호가 어댑터 및 케이블을 통해 분석기로 다시 루프백된다.

DUT를 테스트 루프에 배치할 경우 DUT 입력과 가까워지도록 신호를 보정하는 것이 목적이다. 여기서 주목해야 할 것은 둘 사이에 기준 케이블의 극이 바뀌었지만, 호스트 테스트의 경우

표준 A 유형 커넥터가 호스트 DUT에 연결되었고 표준 B 유형 커넥터는 디바이스 DUT의 어댑터에 연결되었다는 것이다. 호스트와 디바이스의 테스트 픽스처는 다르며, 예제와 같이 생성된 신호를 계측기로 다시 루프백하려면 여러 개의 어댑터가 필요할 수 있다. 분석기에 대한 연결 품질은 가능한 한 높아야 한다.

테스트 기기는 다양한 유형의 스트레스를 추가하는 기능을 이용한 패턴 생성, 그리고 지터, 아이 측정과 같은 신호 분석, 이 두 가지 기능을 수행할 수 있어야 한다.



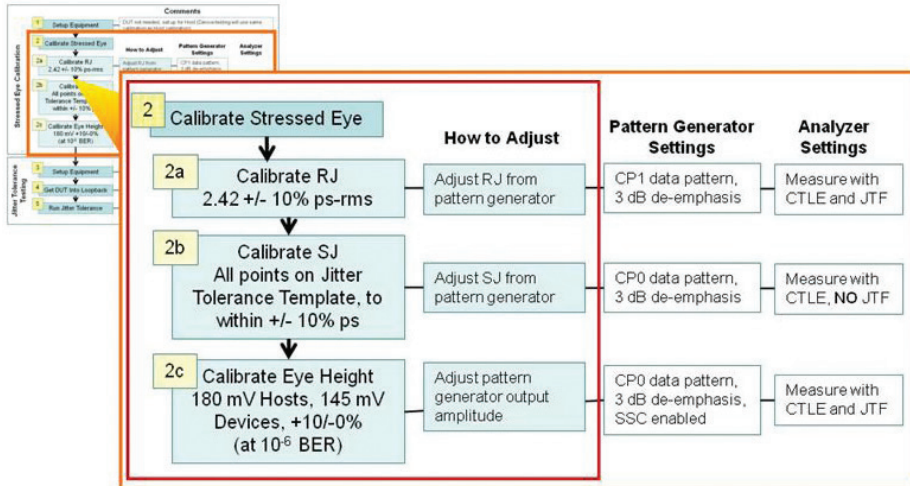


그림 4. 이 그림은 그림 2의 전반적 흐름도 중 스트레스 아이 보정(2단계)을 보여 준다.

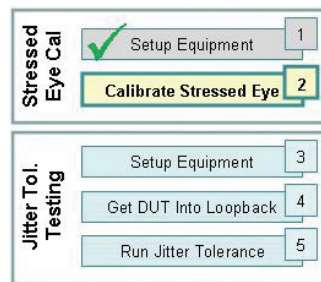
스트레스 아이 보정 방법

이 절에서는 스트레스 아이 레시피 및 그 달성 방법을 다룬다.

스트레스 아이를 보정하기 위해서는 세 가지 손상 보정, 즉, RJ(임의 지터), SJ(정현파 지터), 아이 높이가 필요하다. 각각은 그림 2의 흐름도와 같이 패턴 발생기와 분석기에 특정 설정이 필요하다. 이 절에서는 스트레스 성분, 패턴 발생기 설정 및 분석기 설정을 살펴 본다.

스트레스 아이 보정은 케이블, 어댑터 및 계측기 세트 당 한 번씩 수행해야 한다. 각각 다른 어댑터와 기준 채널의 세트를 사용하기 때문에 호스트와 디바이스는 다른 스트레스 아이 보정을 갖게 된다.

완료 시에는 장비 설정이 변경된 경우에만 보정된 아이의 설정을 재사용할 수 있으며 재보정을 해야 한다.



스트레스 아이 레시피 성분

그림 4와 같이, 스트레스 아이 레시피에는 세 가지 "요소"가 있다. 각 스트레스 성분은 표시된 순서대로 보정해야 한다.

1. RJ(임의 지터)

- **정의:** RJ는 데이터 패턴과 상관 없는 무한 지터이다. 즉, 사용된 데이터 패턴과 상관 없이 측정이 동일해야 함을 의미한다. 무한이기 때문에 지터가 측정 심도와 함께 커지며, 측정 BER 또는 파형의 수를 기준으로 측정이 깊어질수록 피크-피크 RJ 측정이 커진다.
- **조정 방법:** 적절한 RJ의 양을 얻으려면 패턴 생성기가 주입된 RJ의 양을 조정할 수 있어야 한다.
- **측정 방법:** 대부분의 분석기(즉, BERT 및 오실로스코프)는 자동 RJ 측정을 제공한다.

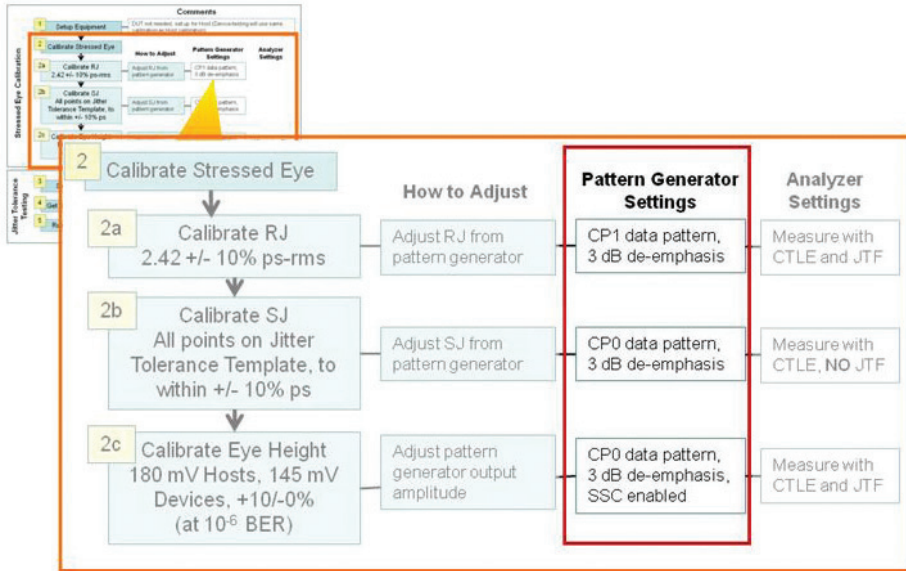
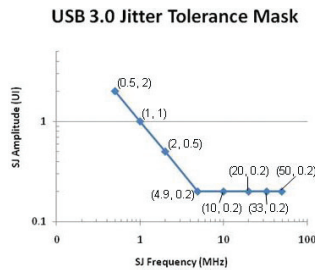


그림 5. 스트레스 아이 보정에 사용되는 패턴 생성기 설정(데이터 패턴, 디엠퍼시스 수준, SSC(스프레드 스펙트럼 클로킹) 포함)

SJ(정현파 지터)

- **정의:** SJ는 특성상 주기적인 유한 지터이지만, 우연의 일치에 의해 SJ 주파수가 패턴 반복 주파수의 배수인 경우를 제외하고, 일반적으로는 데이터 패턴과 상관이 없기 때문에 RJ와 마찬가지로 데이터 패턴과 상관 없이 측정이 동일하다. SJ는 RJ와 달리, 유한이기 때문에 측정 심도에 따라 증가하지 않는다.
- **조정 방법:** RJ와 마찬가지로, 원하는 양을 얻으려면 패턴 생성기가 주입된 SJ의 양을 조정할 수 있어야 한다. 주입된 SJ는 특정 주파수이어야 하며 진폭을 조정할 수 있어야 한다. USB 3.0 지터 허용 오차 마스크(오른쪽 위)의 모든 SJ 주파수와 진폭은 보정해야 한다.
- **측정 방법:** USB 3.0 적합성 테스트 절차에서는 주입된 SJ에서 진폭이 0인 신호와 주입된 SJ의 원하는 크기 사이의 TJ(총 지터)간 차이를 계산하여 SJ의 크기를 측정하도록 지정하고 있다. TJ 측정은 대부분의 오실로스코프에 있다.



아이 높이

- **정의:** 아이 높이는 단위 시간의 중심의 아이 열림이며 측정 깊이가 수반된다(이 경우 10^6 파형). 아이 높이는 신호의 DDJ(데이터 의존성 지터) 크기의 영향을 받기 때문에 데이터 패턴에 따라 다르다. 아이 높이 규격은 호스트(180mV)와 디바이스(145mV) 간 다르다.
- **조정 방법:** 아이 높이는 패턴 생성기의 출력 진폭을 통해 조정한다.
- **측정 방법:** 아이 높이는 오실로스코프에서 측정할 수 있으며 10^6 파형 요구사항을 충족해야 한다.

패턴 발생기 설정

지금까지 "무엇"을 보정해야 하는가를 살펴보고, 이제 다음과 같은 보장의 각 단계에 대한 패턴 생성기의 추가 요구사항에 대해 논의하고자 한다.

1. 사용할 데이터 패턴
2. 디엠퍼시스의 크기
3. SSC(스프레드 스펙트럼 클로킹)의 활성화 여부

적합성 패턴	값	비트 시퀀스 설명
CP0	스크램블된 D0.0	8b/10b 인코딩 PRBS-16
CP1	D10.2	1010 반복(Nyquist 주파수)
CP2	D24.3	1100 반복(Nyquist 주파수 / 2)
CP3	K28.5	0011111010110000010을 반복하며, 8b/10b 시스템에서 가장 길고 짧은 실행을 나타내는 다섯 개의 1과 0 및 단일 비트 시퀀스의 실행이 포함된다.
CP4	LFPS	낮은 주파수의 주기적 신호(LFPS에 대한 자세한 내용은 표준 참조)
CP5	K28.7	0011111000 반복(디엠퍼시스와 함께 사용)
CP6	K28.7	0011111000 반복(디엠퍼시스 없이 사용)
CP7	50 ~ 250개의 1 및 0	50 ~ 250개의 1을 반복한 후 50 ~ 250개의 0이 나옴(디엠퍼시스와 함께 사용하기 위함)
CP8	50 ~ 250개의 1 및 0	50 ~ 250개의 1을 반복한 후 50 ~ 250개의 0이 나옴(디엠퍼시스 없이 사용하기 위함)

표 1. USB 3.0 적합성 패턴(출처: 표준의 표 6 ~7)

데이터 패턴

스트레스 아이 보정 레시피에 나열된 데이터 패턴은 CP0과 CP1, 두 가지이다. 모든 USB 3.0 적합성 패턴을 참조할 수 있도록 표 1에 나열되어 있다.

- **CP0**은 8b/10b 인코딩된 PRBS-16 데이터 패턴이다(D0.0 문자를 USB 3.0 트랜스미터의 스크램블링 및 인코딩에 적용한 결과). 8b/10b 인코딩 후 가장 긴 1 또는 0의 실행 길이는 5비트이며, 이것은 PRBS-16 패턴의 가장 긴 실행 길이인 16비트에서 줄어든 것이다. CP3(표 1 참조)는 동일한 비트의 가장 짧은(단일 비트) 및 가장 긴 시퀀스 모두가 포함되어 있다는 점에서 8b/10b 인코딩 PRBS-16과 유사한 패턴이다.

- **CP1**은 RJ 보정에 사용되는 클럭 패턴이다. 많은 계측기들이 RJ 측정을 위해 임의 및 결정적 지터 분리의 dual-Dirac 방법을 구현한다. 클럭 패턴을 사용하면 특히 **CP1** 패턴에서 DDJ(데이터 의존성 지터)를 RJ로 보고하는 dual-Dirac 방법의 결점 중 하나를 피할 수 있다. 클럭 패턴을 사용함으로써, ISI(심볼 간 간섭)의 결과인 DDJ가 지터 측정에서 제거되어 더욱 정확한 RJ 측정이 가능하다. 1100 클럭 패턴인 CP2 패턴도 RJ 측정에 사용할 수 있다.

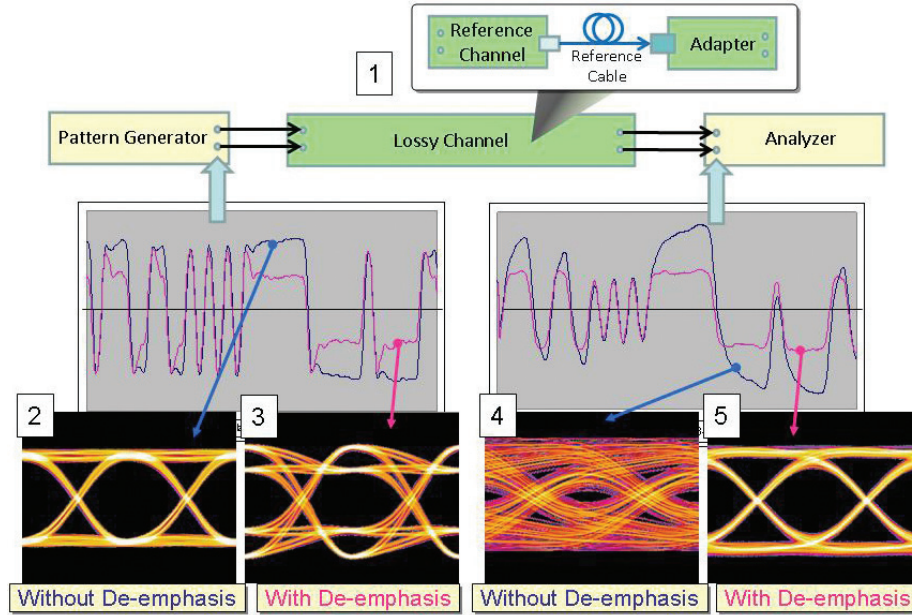


그림 6. PRBS-7 데이터 패턴을 사용하여 디엠퍼시스의 영향을 보여주는 파형 및 아이 다이어그램의 예

디엠퍼시스

그림 3 및 그림 6에 나와 있는 것과 같이, 패턴 발생기(트랜스미터)와 분석기(리시버) 사이에 손실 채널(즉, USB 3.0 기준 채널 및 케이블)이 있다. 이로 인해 수직과 수평 모두에 아이 닫힘의 형태로 주파수 종속적 손실이 나타난다. 이러한 손실을 줄이려면 트랜스미터 디엠퍼시스를 사용하여 신호의 고주파수 성분을 증폭함으로써 수신된 아이가 10^{-12} 이상의 BER에서의 작동 링크에 충분해야 한다.

그림 6:

1. 신호 측정을 위한 일반적인 설치가 나와 있으며 트랜스미터와 리시버 사이에 손실 채널이 있다. USB 3.0 기준 채널, 기준 케이블 및 어댑터는 손실 채널을 구성하는 성분의 예이다.
2. 디엠퍼시스가 없을 경우 모든 진폭은 명목적으로 동일하다.

3. 디엠퍼시스를 사용할 경우 전환 비트는 비전환 비트에 비해 상대적으로 더 높은 진폭을 가지기 때문에 신호의 높은 주파수 성분을 효과적으로 증폭한다.
4. 디엠퍼시스가 없는 신호가 손실 채널 및 케이블을 통과한 후에는 ISI(심벌 간 간섭)가 발생하며 디엠퍼시스가 없는 신호보다 더 많은 아이 닫힘이 나타난다.
5. 디엠퍼시스가 있는 신호는 완전히 열린다.

그림과 같이, 디엠퍼시스의 크기는 ISI 및 DDJ의 크기에 영향을 미치기 때문에 리시버에서의 아이 열림에 영향을 미친다.

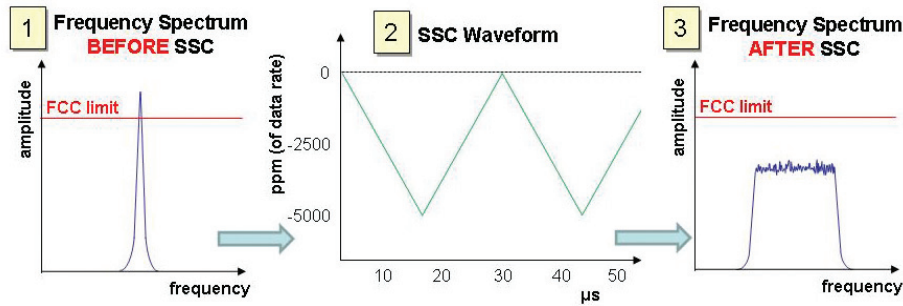


그림 7. 주파수 스펙트럼에 대한 SSC의 영향(단일 톤만 표시)

SSC(스프레드 스펙트럼 클록킹)

SSC(스프레드 스펙트럼 클록킹)는 EMI(전자기 간섭)를 줄이기 위해 동기식 디지털 시스템(USB 3.0 포함)에 자주 사용된다. 그림 7:

1. SSC가 없을 경우 디지털 스트림의 주파수 스펙트럼은 반송파 주파수(5Gb/s) 및 고조파에서 높은 진폭의 급격한 피크를 보이며 미국 FCC(연방통신위원회) 등의 연방 규제 당국이 제정한 한도를 초과할 수 있다.
2. 이 문제를 해결하기 위해 SSC를 이용하여 주파수 스펙트럼의 에너지를 분산시켜 FCC 한도 내에 유지한다. 이 사례에서는 삼각형 파형으로 반송파 주파수가 변조된다. 리시버 테스트에 "분산되는" 주파수의 크기는 5000ppm (25MHz)이며, 주파수 변조 주기는 33kHz, 즉, 삼각형 파형의 한 주기인 30 μ s이다.
3. SSC를 거치면 주파수 스펙트럼의 에너지가 분산되어 FCC 한도를 위반하는 주파수가 없다.

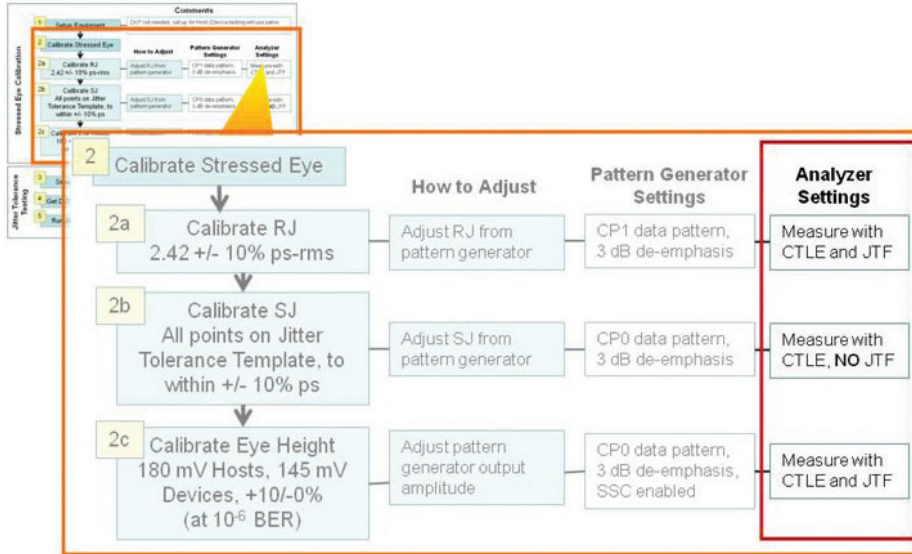


그림 8. CTLE(연속 선형 이퀄라이저) 및 JTF(지터 전송 함수)를 포함하여 스트레스 아이 보정에 사용되는 분석기 설정

분석기 설정

지금까지 다양한 스트레스 성분을 보정할 경우 패턴 생성기의 요구 사항과 스트레스 레시피 성분을 살펴 보았다. 이 절에서는 지터 및 아이 열림 측정을 수행할 때 CTLE(연속 선형 이퀄라이저)와 JTF(지터 전송 함수) 사용과 관련된 분석기의 요구 사항에 대해 살펴 본다.

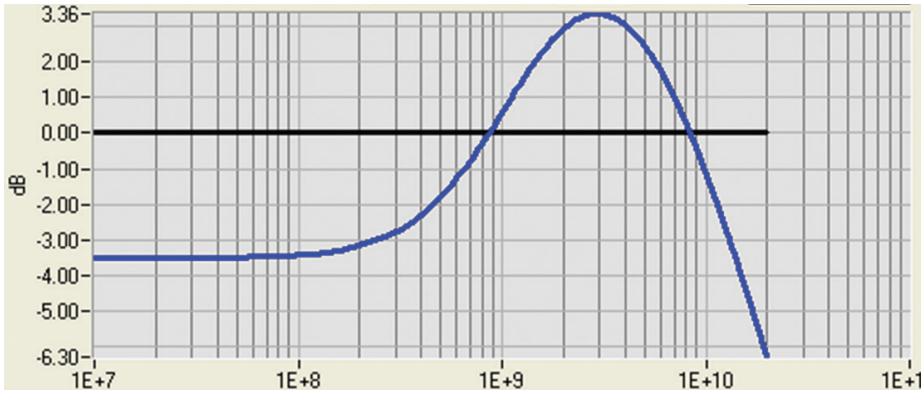


그림 9. USB 3.0 규격의 CTLE 함수

CTLE(연속 선형 이퀄라이저) 함수

리시버 측 이퀄라이제이션은 트랜스미터 디엠퍼시스 이외에도 기준 채널이나 케이블과 같은 요소의 주파수 종속적 손실로 인한 ISI에 의해 손상된 신호를 향상시키는 데 사용된다. 이 개념은 신호 처리 방법을 통해 신호의 높은 주파수 성분을 증폭하는 디엠퍼시스와 동일하다.

디바이스 또는 호스트의 리시버 이퀄라이제이션 회로가 구현마다 특정적이지만, USB 3.0 표준은 적합성 테스트에 CTLE(연속 선형 이퀄라이저)를 사용하도록 지정하고 있다(그림 9). 이 CTLE는 적합성 테스트 측정을 수행하기 전에 종종 소프트웨어 에뮬레이션의 형태로 BERT나 오실로스코프와 같은 참조 리시버로 구현해야 한다(둘 다 트랜스미터 테스트에 대해, 이 사례에서는 리시버 스트레스 아이 보정).

지터 측정에 CTLE 에뮬레이션을 사용하는 경우 ISI라는 신호 처리 방법의 영향을 받는 지터에 주로 영향을 미친다. CTS에 따라 RJ 및 SJ 측정에 CTLE가 필요하더라도 RJ, SJ와 같은 데이터 패턴과 상관 없는 지터 성분은 CTLE 에뮬레이션의 영향을 받지 않는다. 반면, ISI가 측정에 관여하므로 아이 높이는 직접적 영향을 받는다.

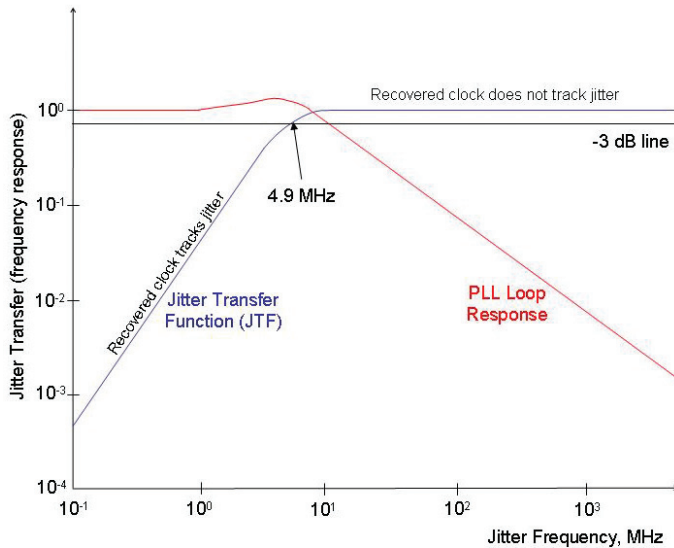


그림 10. 골든 PLL의 JTF(출처: USB 3.0 표준의 그림 6-9)

JTF(지터 전송 함수)

지터 보정 측정은 그림 10과 같이 호환되는 JTF(지터 전송 함수) (파란선)로 클럭 복구 골든 PLL을 사용하여 수행해야 한다. JTF는 수신되는 신호에서 다운스트림 분석기로 얼마만큼의 지터가 전송되는가를 보여 준다. 이 경우 -3dB 차단은 4.9MHz이다.

- 낮은 SJ 주파수에서(JTF의 경사진 부분 및 PLL 루프 응답이 평평한 부분) 복구된 클럭은 데이터 신호의 지터를 추적하므로 클럭에 **상대적인** 데이터의 지터가 JTF에 따라 감쇄된다.
- 높은 SJ 주파수에서는(JTF가 평평해지고 PLL 루프 응답의 기울기가 내려가는 부분) 클럭이 "클린" 클럭이고 수신되는 데이터 신호에서 지터를 추적하지 않으므로 신호에 있는 SJ가 다운스트림 분석기로 전송된다.

스트레스 아이 보정 중 SJ를 제외하고 모든 측정에서 호환되는 JTF를 사용하도록 지정되어 있다.

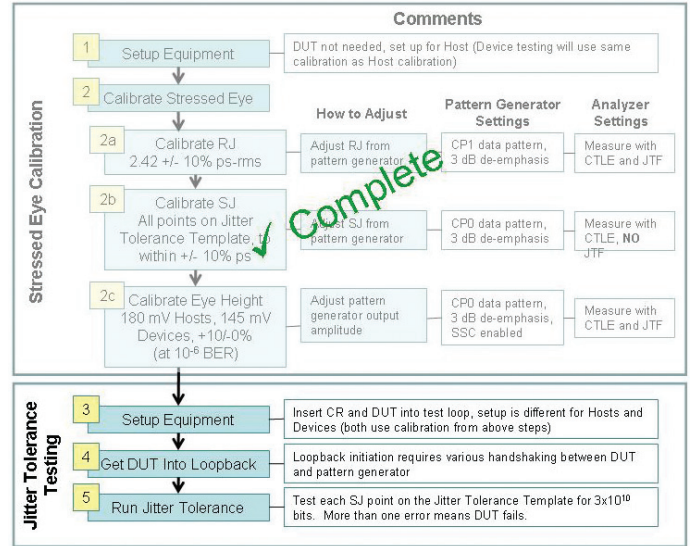


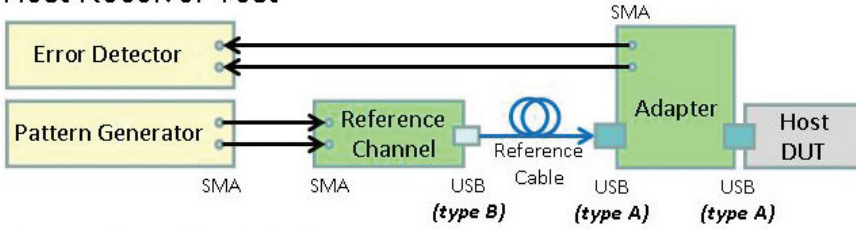
그림 11. 스트레스 아이 보정이 완료된 후 지터 허용 오차는 최악의 신호 상태를 이용하여 리시버를 테스트한다.

지터 허용 오차 테스트

스트레스 아이가 보정되면 리시버 테스트를 시작할 수 있다. 소개에서 언급한 바와 같이, **USB 3.0**에는 이전 세대 2.0과 달리 BER 테스트가 필요하다. 리시버 테스트에 지터 허용 오차 테스트 형태로의 BER(비트 오류율) 테스트만 필요하다.

지터 허용 오차 테스트는 최악의 입력 신호 상태(앞 절에서 보정한 스트레스 아이)를 이용하여 리시버를 실행한다. 테스트 신호에는 스트레스 아이 이외에도 JTF의 -3dB 차단 주파수 주변 주파수에 대응하는 일련의 SJ 주파수 및 진폭을 주입하면서 오류 탐지기가 리시버에서 실수 또는 비트 오류를 모니터링하고 BER을 계산한다. 지터 허용 오차는 장비 설정 및 리시버 루프백 모드(DUT의 트랜스미터가 수신한 배트를 재전송하는 상태)를 살펴 본 후 자세히 다룬다.

Host Receiver Test



Device Receiver Test

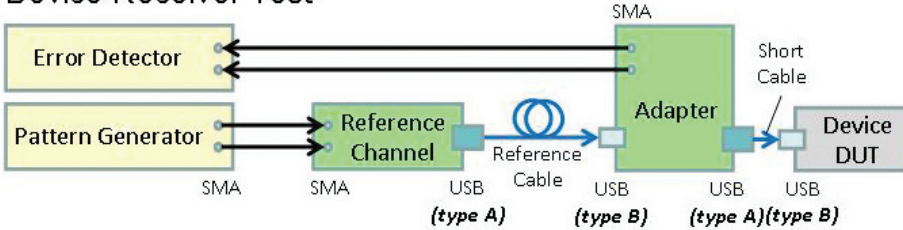
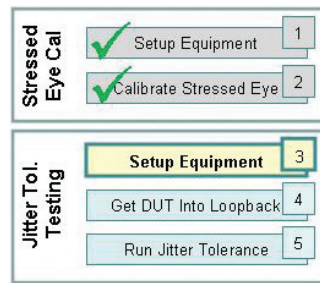


그림 12. USB 3.0 리시버 테스트 설정

장비 설정

리시버 테스트에 대한 장비 설정은 스트레스 아이 보정의 경우와 유사하지만, 이 경우는 그림 12와 같이 DUT를 테스트 루프에 삽입한다. 호스트 또는 디바이스 DUT를 그림과 같이 어댑터에 연결한다. 신호를 분석기로 바로 라우팅하는 것이 아니라, 패턴 생성기의 신호가 DUT의 리시버로 통과하여 트랜스미터를 통해 "루프백"("루프백"이라는 용어의 어원)되어 어댑터를 통해 오류 탐지기로 보내진다. 오류 탐지기에 대한 연결 품질은 가능한 한 높아야 한다.

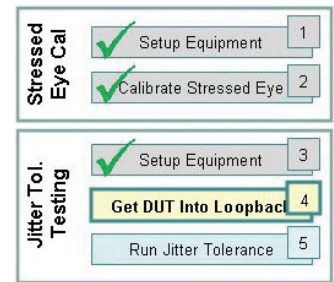


지터 허용 오차 테스트의 경우 테스트 장비가 오류 탐지를 수행하고 BER을 추적할 수 있어야 한다. BERT나 오실로스코프와 같은 기기는 이 기능을 지원한다.

리시버 루프백

루프백은 디바이스가 수신한 비트를 트랜스미터를 통해 돌려 보내는 USB 3.0 링크 상태 중 하나이다. 리시버가 실수를 할 경우 오류의 비트가 트랜스미터를 통해 다운스트림 분석기로 보내져 추적할 수 있게 된다.

루프백을 시작하려면 패턴 생성기와 DUT 사이에 일련의 핸드셰이크¹를 수행해야 한다.



¹ 루프백 시작에 대한 자세한 설명은 이 논문의 범위가 아닙니다. 루프백 시작 핸드셰이크에 필요한 비트 시퀀스에 대한 자세한 내용과 링크 상태 다이어그램이 나와 있는 USB 3.0 규격을 참조하십시오.

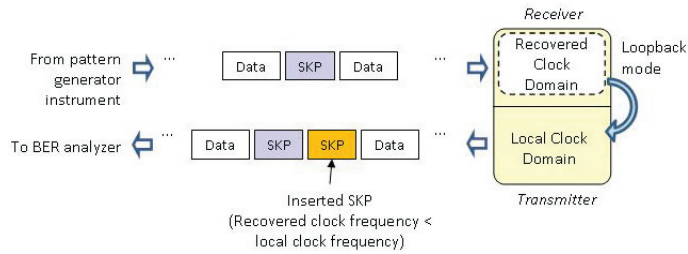


그림 13. DUT가 루프백 모드일 때 삽입된 SKP를 보여 주는 예제

비동기 BER 테스트

USB 3.0은 8b/10b 인코딩 시스템에 일반적인 8b/10 인코딩을 사용하며, 리시버와 트랜스미터의 클록 주파수는 약간 다를 수 있다. 즉, 수신된 데이터 스트림의 복구된 클록이 트랜스미터의 클록 주파수와 정확히 일치하지 않을 수 있다. 리시버 테스트의 루프백 모드에서 이와 같은 주파수의 불일치는 DUT에 문제를 일으킬 수 있다. 즉, 비트를 재발송할 수 있는 속도보다 더 빠르게 비트가 들어오거나 그 반대의 경우도 가능할 수 있다. 주파수 불일치를 보상하기 위해 클록 보상 심벌을 사용하며 리시버에서 트랜스미터를 통과할 때 데이터 스트림으로 삽입하거나 삭제한다. 예를 들어, 복구된 클록 주파수가 트랜스미터 클록 주파수보다 작을 경우(느릴 경우) 심벌을 추가하며(그림 13 참조), 그 반대의 경우도 마찬가지이다. USB 3.0은 클록 보상을 위해 SKP 심벌을 사용한다.

테스트 장비는 들어오는 데이터 스트림에서 이와 같이 비결정적 수의 클록 보상 심벌을 처리할 수 있어야 하며, 이를 일반적으로 **비동기 BER 테스트**라고 한다.

USB 3.0 Jitter Tolerance Mask

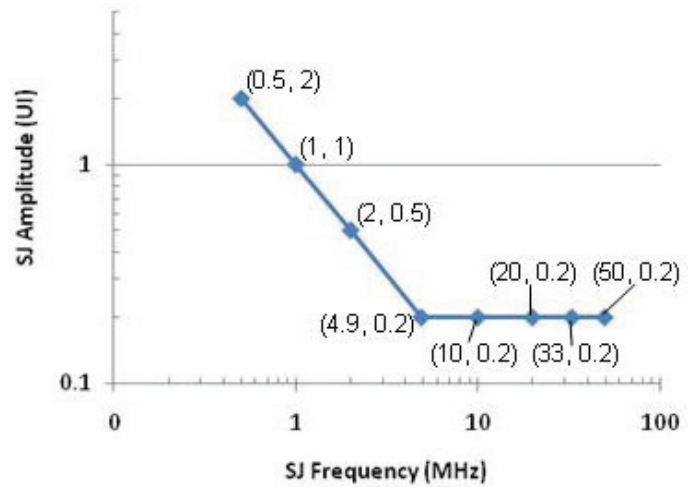


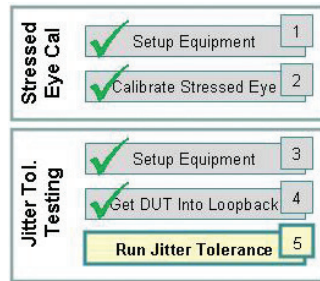
그림 14. USB 3.0 지터 허용 오차 마스크.

마지막으로, USB 3.0 규격에는 두 가지 유형의 BER 테스트 루프백이 있다. 첫 번째는 위의 설명과 같이 수신된 비트가 분석기로 재전송되어 BER 테스트를 받는 경우이다. 두 번째는 DUT에 의존하여 자체 BER를 추적하며 이를 정렬된 세트라고 하는 특수 심벌에 임베드된 비트로 다시 보고한다. 단, 두 번째 방법은 최근 적합성 테스트 규격에 포함되어 있지 않다.

허용 오차 마스크

스트레스 아이를 보정했다는 것은 DUT 및 장비로 테스트할 설정을 마쳤고 DUT는 루프백 모드로 전환된 것이며 DUT의 리시버를 테스트할 준비가 되었다는 것을 의미한다. 지터 허용 오차 테스트는 특정 SJ 주파수에서 다양한 수준의 SJ 진폭을 적용하여 리시버를 테스트한다. 그림 14와 같이, 낮은 SJ 주파수는 리시버 CR의 루프 대역폭 안에 안전하게 있어 추적 가능하므로 높은 SJ 진폭을 갖는 경향이 있다. SJ 주파수가 루프 대역폭에 가까워지다 루프 대역폭을 넘으면 JS 진폭이 1UI 미만의 진폭에서 평평해진다. 리시버 루프 대역폭 위의 지터는 추적되지 않으며 리시버의 결정 회선으로 보내진다.

USB 3.0 CTS는 허용 오차 곡선의 각 SJ 점을 3×10^{10} 비트로 테스트하도록 규정하고 있다. 임의의 SJ 테스트 점에서 하나의 오류가 감지되면 DUT가 실패한다.



결론

USB 3.0은 오늘날 USB 2.0과 마찬가지로 지배적인 컴퓨터 주변기기 버스 표준이 될 것이 확실하다. 5Gb/s의 신호 전송 속도는 USB 2.0보다 10배 이상 빠르기 때문에 신호 무결성의 문제는 SuperSpeed USB 장치 테스트에 대해 이전 세대보다 더 높은 기준을 설정해야 함을 의미한다. 리시버 테스트의 경우 테스트 방식은 보정된 스트레스 아이 입력을 사용하는 지터 허용 오차에 전적으로 기초한다.

이 애플리케이션 노트에서는 스트레스 아이 보정, 지터 허용 오차 테스트 및 측정된 장치 마진을 포함하여 USB 3.0 리시버 테스트의 모든 측면을 다루었다. BERTScope 제품군을 사용하는 MOI 데모 리시버 테스트는 www.tektronix.com/usb 에서 확인할 수 있다. 이 MOI에서는 USB 3.0 자동화 소프트웨어와 다음 장비의 연계 작동을 통해 몇 번의 버튼 클릭만으로 루프백 시작을 포함한 테스트 프로세스 및 리시버 설정을 보여 준다.

- BERTScope
- USB Switch
- 디엠퍼시스 프로세서
- 클록 복구

BERTScope은 적합성 테스트에 직접적인 솔루션을 제공할 뿐만 아니라, 적합성 테스트가 실패할 경우 어려운 엔지니어링 문제를 해결해 주는 유연성을 제공한다.

텍트로닉스 연락처:

ASEAN / 오스트레일리아 (65) 6356 3900
오스트리아* 00800 2255 4835
발칸, 이스라엘, 남아프리카 및 기타 ISE 국가 +41 52 675 3777
벨기에* 00800 2255 4835
브라질 +55 (11) 3759 7627
캐나다 1 (800) 833-9200
중앙 유럽 및 동유럽, 발트해 연안국 +41 52 675 3777
중부 유럽 및 그리스 +41 52 675 3777
덴마크 +45 80 88 1401
핀란드 +41 52 675 3777
프랑스* 00800 2255 4835
독일* 00800 2255 4835
홍콩 400-820-5835
인도 000-800-650-1835
이탈리아* 00800 2255 4835
일본 81 (3) 6714-3010
룩셈부르크 +41 52 675 3777
멕시코, 중남미 및 카리브해 연안국 52 (55) 56 04 50 90
중동, 아시아 및 북아프리카 +41 52 675 3777
네덜란드* 00800 2255 4835
노르웨이 800 16098
중국 400-820-5835
폴란드 +41 52 675 3777
포르투갈 80 08 12370
대한민국 001-800-8255-2835
러시아 연방 +7 (495) 7484900
남아프리카공화국 +27 11 206 8360
스페인* 00800 2255 4835
스웨덴* 00800 2255 4835
스위스* 00800 2255 4835
대만 886 (2) 2722-9622
영국 및 아일랜드* 00800 2255 4835
미국 1 (800) 833-9200
위 유럽 지역 전화번호로 연락이 되지 않을 경우
+41 52 675 3777 사용

연락처 목록 업데이트: 2011년 2월 10일

추가 정보

텍트로닉스는 첨단 기술을 다루는 엔지니어들을 지원하고자 포괄적이며 꾸준히 확장되는 애플리케이션 노트, 기술 보고서 및 기타 리소스 등의 자료 컬렉션을 유지하고 있습니다. www.tektronix.com을 참조하십시오.



Copyright © 2011, Tektronix. All rights reserved. 텍트로닉스 제품은 발급되었거나 출원 중인 미국 및 기타 국가의 특허로 보호됩니다. 이 문서에 수록된 정보는 이전에 발행된 모든 자료의 내용에 우선합니다. 텍트로닉스는 사양과 가격을 변경할 수 있는 권리를 가집니다. TEKTRONIX, TEK은 Tektronix, Inc.의 등록 상표입니다. 이 문서에 인용된 다른 모든 상표명은 해당 회사의 서비스 마크, 상표 또는 등록 상표입니다.

04/11 EA

55W-26804-0

Tektronix

