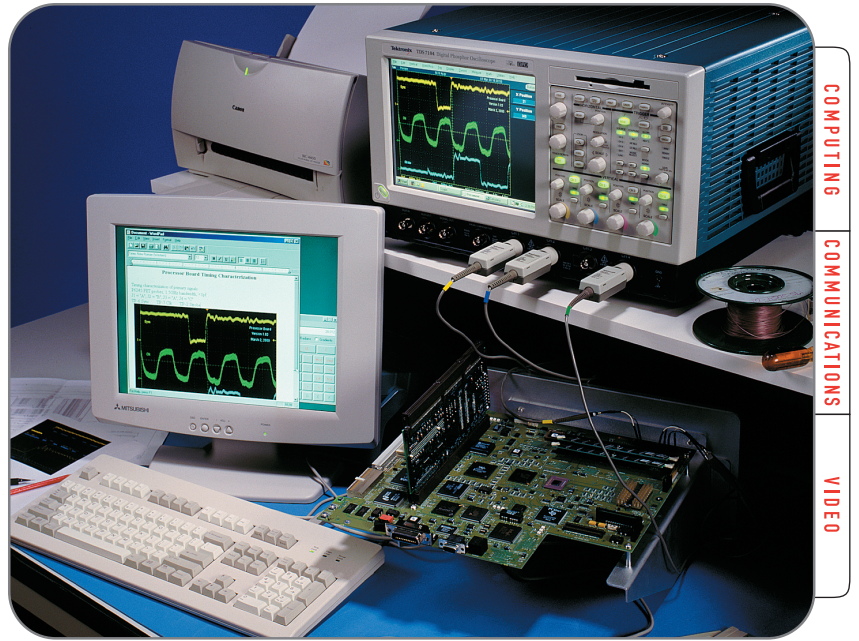


클럭 지터를 Mathcad로 분석하기



▶ 간편한 데이터 상호통신능력을 갖춘 TDS7000 시리즈 제품

범위가 100 ps 또는 100 μ s 이든 관계 없이, 지터의 특성화는 파형 데이터를 상세하게 분석해야 하기 때문에 많은 시간이 필요한 작업입니다. 이러한 분석을 자동화함으로써 수작업 보다 효율성과 테스트 반복성을 현저하게 향상 시키고, 정밀도를 더욱 증대 시킬 수 있습니다.

개방형 Windows®를 사용하고 있는 TDS7000 시리즈 디지털 포스퍼 오실로스코프 (DPO)는 Excel, Mathcad® 및 MATLAB® 과 같은 데이터 베이스 응용 프로그램을 계기 내에 상주 시킬 수 있을 뿐 아니라, 업계 표준 분석을 실행할 수 있는 타의 추종을 불허하는 우수한 장점을 갖춘 제품입니다.¹ 오실로스코프 획득 메모리의 파형 데이터를 송출한 뒤, 분석 애플리케이션으로 다시 가져오고, 모든 동일 플랫폼상에서 처리하고 디스플레이할 수 있습니다.

본 자료는 신호 데이터를 포착한 뒤 NRZ (영점 비 복귀) 클럭 신호 지터 분석을 간단하게 실행할 수 있는 TDS7000 시리즈 DPO 및 Mathcad 사용법에 관한 내용입니다. 다음과 같은 내용으로 구성되어 있습니다:

- ▶ 정밀 결과 도출에 필요한 샘플 해상도 결정 방법
- ▶ TDS7000 으로부터 Mathcad 로의 파형 데이터 이동 방법
- ▶ 간단한 지터 분석 워크시트 작성법
- ▶ 결과 그래프 화에 필요한 Mathcad 사용법

¹ TDS7000 은 분석 시스템처럼 오실로스코프의 기능성을 극대화 할 수 있도록 다른 Windows 모니터로 출력할 수 있습니다. 두 번째 모니터는 별도의 애플리케이션을 동시에 하위 모니터 상에서 실행하면서 스코프를 효과적으로 사용할 수 있지만 반드시 필요한 것은 아닙니다.

클럭 지터를 Mathcad 로 분석하기

▶ 애플리케이션 노트

지터 개요

지터에 대해

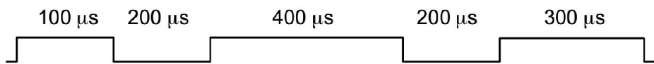
지터는 다음과 같은 2 가지의 중복된 뜻을 갖고 있습니다:

1. 시간 축 최적의 위치로부터의 신호 트랜지션 편차, 또는...
2. 트랜지션 간 타이밍 편차

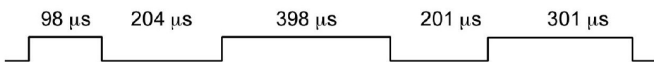
지터 시간간격은 대체로 수십 ps에서 수백 ps 까지의 범위를 갖습니다. 클럭 주파수가 1 GHz 범위에 도달한 경우, 외형적으로 적은 양의 지터 오류는 "타이밍 허용범위" 의 핵심 부분이 될 수 있습니다. 즉, 일련의 논리 작동을 위해 시간이 할당됩니다. 예를 들어, 2.5 Gbits/s 표준 SONET/SDH 비트 속도에서 1 단위 시간간격 (1 데이터 비트)은 400 ps일 뿐입니다. 송신기 및 수신기 컴포넌트가 이러한 범위의 대부분을 소모합니다. 지터는 너무 많은 잔여 시간 때문에 꼭 필요한 작동을 불가능 (부정확) 하게 만듭니다.

지터 특성

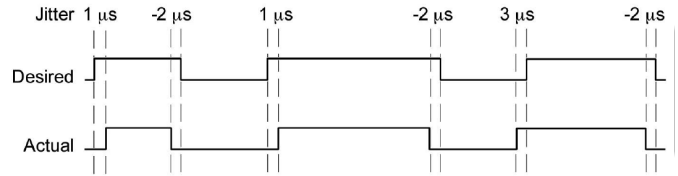
도해로 표시된 지터를 주의 깊게 보십시오. 다음과 같은 파형을 염두에 두십시오:



파형이 지정 임계값 위 +일 때 마다, 데이터는 논리 1이 됩니다. 파형이 임계값 아래에 있으면, 데이터는 논리 0이 됩니다. 이러한 파형을 송수신 할 때, 해당 타이밍이 아래 그림과 같이 된다고 가정하면:

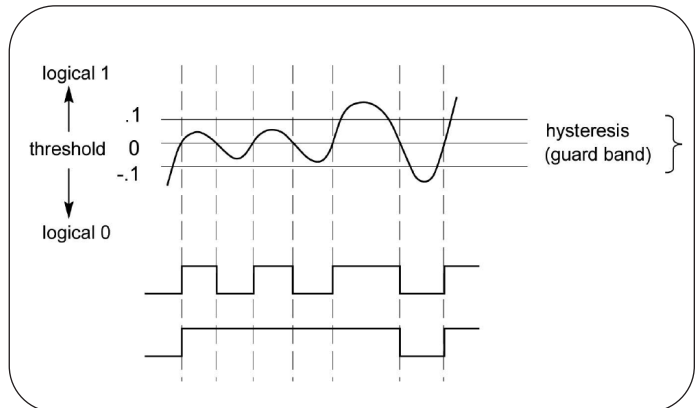


이 경우 신호 트랜지션은 시간 축 최적의 위치로부터 편차가 발생되고 그것은 트랜지션 사이에서 변화합니다 (지터의 정의). 잡음 및 기타 오류 소스와 같은 팩터로 인해 에지 위치가 변경되는 지점에서, 변경되는 크기는 지터의 절대량에 따라 s, ns, 또는 ps 단위로 표시되는 지터 값입니다.



히스테리시스 효과 및 보호 대역

지터를 검출하고 평가할 때, 임계 교차 및 히스테리시스를 고려해야 합니다. "보호 대역" 을 사용하는 것이 일반적인 방법입니다 (본질적으로 최적의 임계값을 넓히는 허용한계). 그림1은 교차하게 될 임계값 및 주변의 보호 대역을 나타냅니다. 논리 레벨에서 실제 변화와 같은 잡음이 표시되는 것을 피하기 위해, 파형이 먼저 보호 대역 밖으로 가지 않는다면 임계 교차는 유효 트랜지션을 고려하지 않아도 됩니다. 이러한 규칙이 강화됨으로써 참 예지 (그림1의 하단 추적) 만의 검출이 보장됩니다.



▶ 그림 1: 클럭 지터 분석시 임계값 및 히스테리시스

지터 및 설계

고속 회로를 설계할 때 지터가 안정성에 영향을 준다는 것은 이미 모두가 다 알고 있는 사실입니다. 이러한 인식은 표준, 사양 및 컴플라이언스 지침에도 계속해서 영향을 미칩니다. 그 실례로서 USB 업체 포럼에서 공표된 USB 2.0 사양이 있습니다. 본 자료는 여러 제조 업체, 즉 다른 표준의 USB-기반 제품들 간의 정보처리 상호 운용성을 보장할 수 있도록 하기 위한 것이고, 이는 향상되고 있는 플랫폼의 품질 및 결과 유지에 필수 불가결한 조건입니다. 계속 관심이 증대되고 있는 즉시 액세스 가능 멀티미디어 콘텐츠 분야의 성장과 같이 고객들의 USB 2.0 성능에 대한 필요성은 지속적으로 증대 될 것입니다.

USB 2.0은 최고 480 Mbps/sec의 데이터 속도와, 비디오 및 기타 대역폭-집약 콘텐츠를 제공하기에 충분한 성능을 갖추고 있습니다. 또한 속도는 지터 문제를 충분히 해결할 수 있을 정도로 고속입니다. 따라서 USB 2.0 인증에 필요한 Compliance Suite에는 지터 사양이 포함되어 있습니다. USB 2.0 (계속 증가하고 있는 일반 소비자 및 업무용 제품)을 포함하고 있는 모든 플랫폼 신제품은 인증 자격을 갖추기 위해 반드시 이러한 지침에 부합되어야 합니다.

USB 2.0 사양은 기술적 측면의 기능성 뿐 아니라, 몇 ps 타이밍 부정확도가 신제품으로서의 시장 점유 생존 가능성에 영향을 주는지 알려 주는 하나의 기준입니다.

알고리즘

다음과 같은 알고리즘을 사용합니다:

- ▶ 에지 타이밍 측정
- ▶ 에지 및 심볼 속도를 사용한 클럭 구동
- ▶ 측정된 평균 심볼 속도 결정
- ▶ 측정된 평균 심볼 속도의 오류 계산
- ▶ 구동 클럭 및 측정된 평균 심볼 속도를 사용한 에지 타이밍 재구성
- ▶ 측정된 에지 타이밍 및 재구성된 타이밍으로부터 지터 계산
- ▶ 지터 플롯화

용어

클럭 지터 예에서 사용되는 용어는 다음과 같습니다:

표1: 클럭 지터 문제에서 사용하는 용어

용어	의미
심볼 속도	통신 시스템이 데이터를 전송하고 있을 때의 주파수. (RS232에서의 보드속도)
샘플링 속도	오실로스코프가 데이터를 샘플링 하고 있을 때의 주파수. (샘플/초 단위로 측정)
샘플링 시간간격	샘플간 시간 차이 (초/샘플 단위로 측정). 오실로스코프 사용자 인터페이스는 이것을 해상도 라고 부릅니다. 수학적 샘플링 시간간격 = 1/샘플링 속도.
임계값	전압 값이 논리 0(0) 또는 논리 1(1)인지 결정하기 위해 사용하는 전압.
에지	파형이 임계값을 교차하는 지점. 교차될 때의 시간이 더욱 중요함. 에지는 항상 샘플 사이에서 발생하기 때문에, 에지를 정확하게 찾기 위해 선형 보간법 이라고 하는 방법을 사용해야 합니다.
히스테리시스	잡음을 줄이기 위해 알고리즘을 보다 덜 민감하게 하려고 사용하는 임계값 주위의 보호 대역. 각 에지에 대해 보호 대역 외부에 적어도 한 개의 지점이 있어야 합니다.

클럭 지터를 Mathcad 로 분석하기

▶ 애플리케이션 노트

최적의 샘플링 시간간격 결정

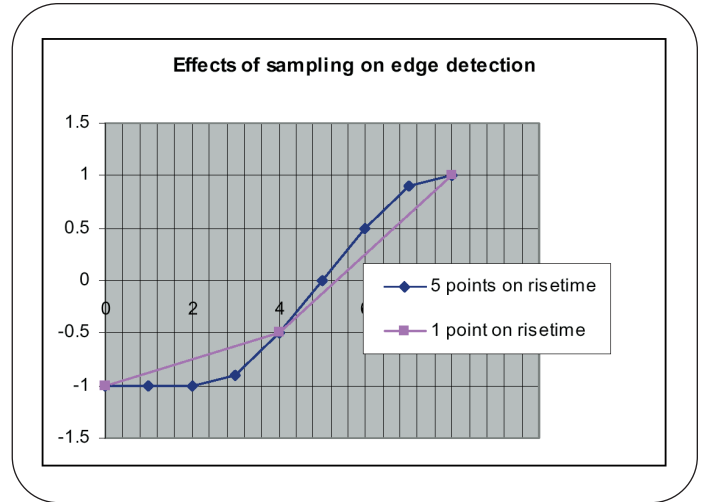
파형 데이터를 획득하기 전에, 사용하게 될 최적의 샘플링 시간간격을 결정해야 합니다. 지터를 측정하는 동안, 2 가지 사항을 고려해야 합니다:

- ▶ 가능한 한 많은 에지를 포착(또는 원하는 에지)
- ▶ 가능한 한 각 에지의 위치를 정확하게 표시

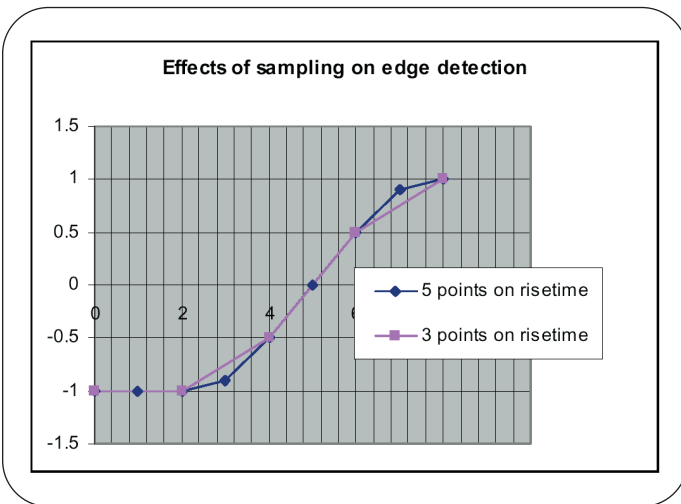
이것을 실행하기 위해, 무리 없이 포착할 수 있는 에지 수를 제한하기에는 충분하지 않지만, 에지의 위치를 표시하기에 충분한 해상도를 갖는 데이터를 샘플링 해야 합니다. 여기에는 다음과 같은 2 개의 관련성이 있습니다:

- ▶ 데이터 처리 소요 시간과 레코드 길이와의 관련성
- ▶ 에지 발견 정밀도와 주어진 레코드 길이에서 포착할 수 있는 에지 수와의 관련성

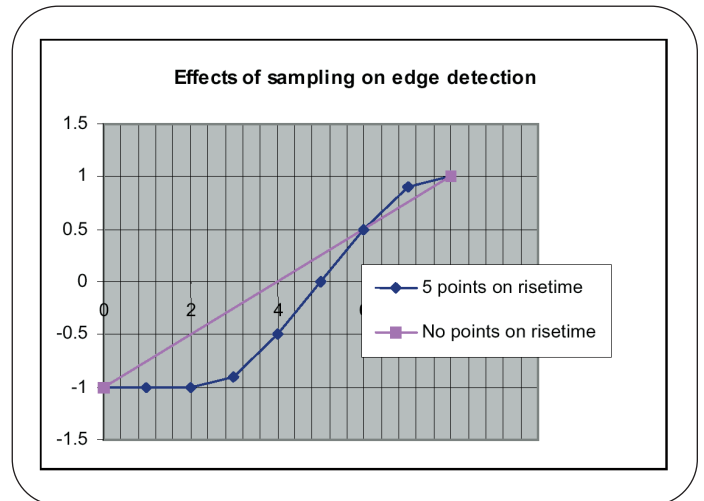
두 번째 관련성에 대한 내용은 아래와 같습니다. 다음 그래프는 상승 시간 3 개 지점 및 상승 시간 5 개 지점 모두에서 샘플링 된 에지를 나타냅니다. 두 가지 모두 수평 값 5 에서 0 을 통과합니다. 따라서 이것을 5 에서 발생한 에지라고 부릅니다.



마지막 그래프는 상승 시간 중에 해당 지점을 갖지 않는 경우입니다. 이 경우, 상승 시간 중에 지점이 없는 선은 수평 값 4 에서 0 을 통과합니다. 데이터는 심하게 언더샘플링 되고 이 경우에는 오류가 -1 이나 됩니다. 다시 언급하지만, 결과는 지터처럼 보이지만, 이것은 데이터가 언더샘플링 됨으로써 측정 중에 발생하는 오류일 뿐입니다.



다음 그래프는 상승 시간 단일 지점과 상승 시간 5 개 지점이 관련된 경우를 보여 주고 있습니다. 이 경우, 상승 시간에서 단일 지점을 갖는 선은 수평 값 5.3에서 0 을 통과합니다. 데이터는 언더샘플링 되고 이러한 언더샘플링은 오류가 0.3 정도 나타나게 합니다. 결과는 지터처럼 보이지만, 이것은 단지 측정 오류일 뿐입니다.



위의 경우에서, 파형 상승 시간 중 3 개 및 5 개 샘플 간에서 제공되고 에지를 정확하게 발견할 수 있도록 해주는 샘플링 시간간격 (수평 해상도)을 확인할 수 있습니다. 보다 높은 해상도는 선택한 레코드 길이에 관계 없이 에지 수를 반드시 제한합니다.

이러한 첫 번째 과정은 언더샘플링 됨으로써 발생한 오류가 신호에 존재하는 지터와 구별되지 않기 때문에, 파형 획득 및 차후 분석의 정확한 결과 발생 보장을 결정 짓는 매우 중요한 과정입니다.

샘플링 시간간격 (획득용으로 설정된 샘플링 속도)을 결정함으로써, 일반적인 오실로스코프 방법론을 사용하여 파형을 포착합니다.

Mathcad 에 파형 데이터 이동

다음 단계는 Mathcad 호환 파일 포맷에 저장 데이터를 송출하는 과정입니다.

TDS7000 오실로스코프는 데이터를 계기에서 Mathcad 응용 프로그램으로 간편하게 전송할 수 있는 포인트-앤-클릭 (point-and-click) 인터페이스 방식을 채택하고 있습니다. TDS7000 시리즈 오실로스코프를 사용하면, 획득 및 스토리지 도구는 물론, Mathcad 응용 프로그램을 일체형 탁상용 계기 하나에 모든 탑재한 것과 같습니다.

파형 송출

Mathcad 에서의 사용을 위해 데이터를 송출하는 경우, 다음과 같은 2개의 파일이 생성됩니다:

- ▶ 그 중 하나인, 데이터 파일은 선마다 하나의 값이 저장된 샘플링 파형 값을 갖습니다. 예를 들어, 이름이 *mydata* 인 파형을 송출하는 경우, 송출 파일은 Mathcad 에서 파일명이 *mydata.dat* 가 됩니다.
- ▶ 또 다른 파일인, 헤더 파일은 옵션이지만 레코드 길이 및 샘플링 시간간격과 같은 파형 척도 팩터를 포함하고 있습니다. 여기서, *mydata* 라는 이름으로 송출된 파형은 Mathcad 에서 이름이 *mydata_hdr.dat* 인 파일을 수신합니다. 이 파일은 데이터를 송출할 때 "Include waveform scale factors"를 선택하는 경우에 발생됩니다.

TDS7000 오실로스코프에 저장된 데이터를 송출하려면, 메뉴 바 모드를 선택한 뒤, File> Export Setup 을 선택하십시오. Export Setup 대화 상자가 나타납니다. 파형 데이터 (.dat) 파일을 만들려면, Source로서 *Channel 1* 을 Data Destination 로 *Mathcad* 를, Waveform curve data range 로서 *All* 을 선택하고, 파형 척도 팩터를 포함하도록 Waveform Detail 아래의 확인란을 체크표시하십시오. 위 선택을 완료한 뒤, 모든 사용자는 간단하게 Export 단추를 클릭만 하면 됩니다. 그런 다음, 시스템이 제공하는 기본 파일 이름을 사용하지 않도록 선택하려면, 파일 이름을 지정하십시오. 본 예에서는, 파일명 *jitter5k* 가 사용됩니다. 그리고, Mathcad 가 헤더 파일 (.hdr)을 엄격히 요구하지 않는다고 해도, 다음과 같은 4가지 필드로 구성되는 파일을 만듭니다: 파형 레코드 길이, 샘플링 시간간격, 트리거 위치, 및 트리거 시간 오프셋.

Mathcad 워크시트 열기 및 데이터 입력

이전의 작동으로 Mathcad가 사용할 수 있는 데이터를 포함하고 있는 파일 쌍이 생성되어 있습니다. 귀하의 오실로스코프로부터 Mathcad 로 파형 데이터를 가져오기 위해 다음과 같이 실행하십시오:

- ▶ Mathcad 를 시작한 뒤, 새 워크시트를 열고 할당 연산자 (:=)가 처리한 파일 *jitter5k.dat* 를 삽입하십시오. 변수 *w* 를 어레이 하기 위해 파형을 포함하고 있는 파일을 지정하십시오.
- ▶ 같은 방법으로, 어레이의 두 번째 요소로서 샘플링 시간간격을 포함하고 있는 *jitter5k_hdr.dat* 파일을 삽입하십시오. 변수 *h* 를 어레이 하기 위해 샘플링 시간간격을 포함하고 있는 헤더 파일을 지정하십시오.

이 지점으로부터 계속해서, Mathcad는 위의 변수에 있는 정보를 기반으로 하여 실시간으로 공식 및 방정식을 계산합니다. 또한 다음과 같은 몇 가지 입력 데이터 변수를 워크시트에 입력해야 합니다:

- ▶ 데이터 생성을 위해 사용한 클럭의 **심볼 속도**
- ▶ 파형이 논리 하이(1) 또는 논리 로우(0)인지 결정하기 위해 사용한 **임계값**
- ▶ 데이터를 수집하기 위해 사용한 (및 헤더 어레이 파일의 두 번째 요소로서 가져온) **샘플링 시간간격**
- ▶ 파형 어레이 파일의 샘플링 된 요소의 색인 **k**
- ▶ 획득 파형의 잡음을 거부하기 위해 임계값 주위에 보호 대역을 구축한 **히스테리시스**

Mathcad 의 모든 재료는 지터 분석을 해야 하는 거친 재료입니다. 이 지점에서, 워크시트의 데이터 입력 부분이 완성됐습니다 (9 페이지의 참조용 워크시트 도해인 [그림3]에서 색션 "A").

클럭 지터를 Mathcad 로 분석하기

▶ 애플리케이션 노트

지터 분석 절차

본 애플리케이션 노트의 장점은 지터 분석을 수행하기 위한 Mathcad 사용 과정이 포함되어 있는 것입니다.

절차는 다음과 같습니다:

- ▶ 파형 데이터 그래프화
- ▶ 에지 타이밍 측정
- ▶ 측정된 평균 심볼 속도 결정
- ▶ 측정된 평균 심볼 속도의 오류 계산
- ▶ 에지 및 심볼 속도를 사용하여 클럭 구동
- ▶ 구동 클럭 및 측정된 평균 심볼 속도를 사용하여 에지 타이밍 재구성
- ▶ 재구성된 타이밍 및 측정된 에지 타이밍으로부터 지터 및 RMS 지터 값 계산
- ▶ 지터 플롯화

파형 데이터 그래프화

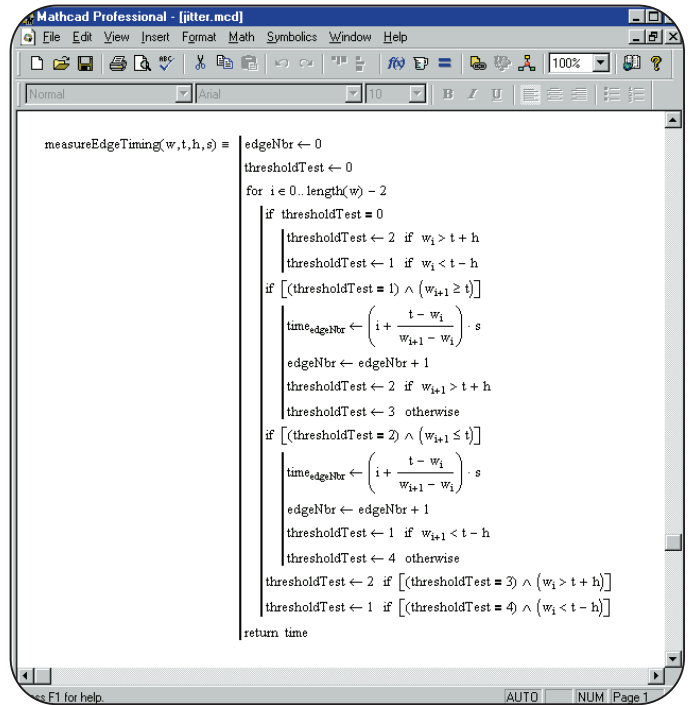
입력 데이터 및 변수를 사용함으로써, Mathcad는 입력 파형을 매우 간편하게 그래프로 그릴 수 있습니다.

파형 그래프를 만들려면, 그래프를 나타내고자 하는 빈 공간을 간단하게 클릭하십시오(변수 정의값 밑에). 그리고 X-축, Y-축으로 위치를 표시할 수 있는 빈 그래프를 만들기 위해 Mathcad 를 사용하십시오.

X-축으로 레코드 길이를, Y-축으로 "w" (jitter5k.dat 파일 콘텐츠) 어레이 값을 사용하십시오. Mathcad는 바로 각 축에 필요한 데이터를 치환하고 워크시트에 이것을 플롯화 합니다. 축에 적합한 이름을 붙이십시오. 이제 워크시트는 참조용 워크시트 도해 (9 페이지의 그림3)의 섹션 "B"에 있는 그래프를 포함하게 됩니다. 여기에 있는 데이터는 파형에서 보다 상세한 내용을 보여 주기 위해 천천히 단면으로 나타냅니다. 전체 그래프는 5000-포인트 레코드로 구성되어 있습니다.

에지 타이밍 측정

다음에는 거친 입력 파형의 에지 타이밍을 측정합니다. 측정하기 위해 우선, 전역 함수를 만들고, 그 함수에 콜을 삽입하십시오. Mathcad가 지역 정의값 이전에 전역 정의값을 평가해야 하기 때문에, 워크시트 끝에 이러한 함수 정의를 적용할 수 있습니다. 그림2는 함수의 화면 영상입니다.



▶ 그림 2: Mathcad 에서의 measureEdgeTiming 함수

measureEdgeTiming 함수의 입력 파라미터는 다음과 같습니다:

- w = 거친 입력 파형 어레이
- t = 전압이 논리 0 또는 논리 1 인지를 결정하기 위해 사용한 임계값
- h = 보호 대역을 정의하기 위해 사용한 히스테리시스
- s = 파형 어레이의 샘플을 수집하기 위해 사용한 샘플링 시간간격

초기 작업은 보호 대역 외부에서 우선적으로 에지를 찾는 것입니다.

FOR 루프는 샘플이 히스테리시스 h 및 임계값 t 로 정의된 보호 대역 안 또는 위, 아래에 있는지 확인하기 위해 파형 w 의 입력 데이터 샘플을 검사합니다. 보호 대역 외부에 있는 경우, 유효 에지를 교차하는 임계값에 대해서 검색할 수 있습니다.

"if [(thresholdTest = 1)]"로 시작되는 IF 절은 + 에지를 표시하는, 임계값과 같거나 큰 샘플을 테스트합니다. 조건이 부합되면, 에지를 위치시키기 위해 인접하는 2개의 샘플 간에 삽입할 수 있습니다. 그리고 두 번째 샘플이 보호 대역 위에 있는지 확인하기 위해 테스트가 실행됩니다.

"if [(thresholdTest = 2)]"로 시작되는 IF 절은 임계값과 같거나 적은 샘플을 테스트합니다. 이것은 네거티브 에지를 표시하는 - 에지입니다. 조건이 부합되면, 에지를 위치시키기 위해 인접하는 2개의 샘플 간에 삽입할 수 있습니다. 그리고 두 번째 샘플이 보호 대역 아래에 있는지 확인하기 위해 테스트가 실행됩니다.

다음 문은 - 에지를 검색하기 전에 다시 보호 대역 위에 있는지를 확인하기 위해 검사합니다. 이러한 상태는 두 번째 샘플 값이 임계값 + 히스테리시스 값보다 적고 + 교차를 발견한 경우 발생합니다.

다음 문은 + 에지를 검색하기 전에 다시 보호 대역 아래에 있는지를 확인하기 위해 검사합니다. 이러한 상태는 두 번째 샘플 값이 임계값 히스테리시스 값보다 크고 교차를 발견한 경우 발생합니다.

파형의 모든 에지가 발견되면, FOR 루프를 종료하고 함수는 시간 어레이를 귀선시킵니다. 호출되면, measureEdgeTiming 함수는 귀선 된 결과를 measuredTime 어레이로 할당합니다.

에지 간 클럭 구동

에지의 각 쌍 간의 클럭 번호는 항상 n 입니다. 인접하는 에지 사이에서 측정된 에지 시간을 빼고 제공된 심볼 속도에 그 값을 곱함으로써, 에지 간 클럭 번호의 비-정수 값을 얻을 수 있습니다. 수를 가장 가까운 정수로 만들면, 클럭 어레이에 더해지는 값을 얻을 수 있습니다. 이 어레이에 저장된 수는 첫 번째 에지 이후의 전체 클럭 수가 됩니다.

측정된 평균 심볼 속도 계산

이제 최적으로 측정된 에지 (measuredTime 어레이) 및 직선으로 구동된 클럭 (클럭 어레이)을 찾을 수 있습니다. 이것을 실행하기 위해, Mathcad 기울기 및 인터셉트 함수를 포함한 선형 회귀를 실행해야 합니다. 직선에 사용되는 공식은 다음과 같습니다:

$$y = a + bx$$

여기서:

a = 인터셉트 (선이 y -축을 교차하는 지점)

b = 기울기 (선을 따라 변하는 속도)

클럭 수를 알고 있는 경우에 에지의 재구성 시간을 알아 낼 수 있는 공식이 필요합니다. 그래서 다음 값을 사용합니다:

y = 에지 시간 (reconstructedTime 에 저장될 값)

x = 에지 클럭 번호 (클럭 어레이)

Mathcad 인터셉트 함수는 값 a 를 귀선 시킵니다. Mathcad 기울기 함수는 값 b 를 귀선 시킵니다. 측정된 평균 심볼 속도는 $1/b$ 로 계산됩니다.

심볼 클럭 오류 속도 계산

측정된 평균 심볼 속도를 사용하여, 이제 심볼 클럭 오류 속도를 계산할 수 있습니다. 측정된 평균 심볼 속도에서 제공된 심볼 속도를 빼고 심볼 속도로 나눔으로써 이 결과를 얻을 수 있습니다. 이 필드를 계산하려면, 다음 공식을 사용하십시오:

$$\text{measuredSymbolRateError} := \frac{(\text{measuredAverageSymbolRate} - \text{symbolRate})}{\text{symbolRate}}$$

타이밍 재구성

첫 번째 에지 (재구성된 Time_k) 시간은 y-축 최적의 선 인터셉트입니다. 모든 에지 (재구성된 Time_k) 타이밍을 재구성하기 위해, 이미 계산된 인터셉트 *a* 및 기울기 *b*를 사용한 공식 $y = a + bx$ 를 적용할 수 있습니다.

지터 계산

재구성된 에지 타이밍 및 측정된 에지 타이밍 간의 타이밍 차를 찾아 범으로써 계산된 지터 문제를 해결합니다. 또한 과도 지터가 수용할 수 없는 오류 속도에 도달할 수 있기 때문에, 이미 계산되고 측정된 심볼 속도 오류, 관련 필드를 디스플레이합니다. 이 필드를 계산하려면, 다음 공식을 사용하십시오:

$$\begin{aligned} \text{jitter}_k &:= \text{reconstructedTime}_k - \text{measuredTime}_k \\ \text{measuredSymbolRateError} &= 3.719 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

RMS 지터 계산

RMS (자승 평균 평방근) 지터를 계산하려면, 다음 공식을 사용하십시오:

$$\begin{aligned} \text{RMSjitter} &:= \sqrt{\frac{\sum \text{jitter}^2}{\text{length}(\text{jitter})}} \\ \text{RMSjitter} &= 1.108 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

위에 있는 모든 공식 및 어레이 정의값은 참조용 워크시트 (그림3)의 섹션 "C"에 있습니다.

지터 솔루션 그래프화

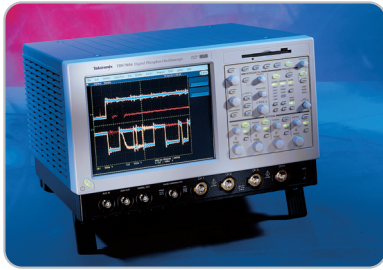
파형 그래프를 위해 이전에 대략적으로 설명한 동일 절차를 사용하여, 결과를 그래프로 그릴 수 있습니다. x-축에 그래프로 그려질 범위 변수로 $\text{reconstructedTime}_k$ 를 사용하고 y-축에 그려질 범위 변수로 jitter_k 를 사용하십시오. 결과는 참조용 워크시트 도해 (그림3) 섹션 "D"에 있습니다.

결론:

파형 지터를 분석하기 위한 TDS7000 시리즈 DPO 와 Mathcad 와의 통합 작업에 관한 내용을 본 애플리케이션 노트에서 확인할 수 있었습니다. 파형 획득 도구처럼 TDS7000 은 동일한 자체포함 플랫폼 상에서 Mathcad 를 실행할 수 있는 성능을 갖추고 있는, 중요 지터 획득 및 특성화에 사용되는 최적의 도구입니다.

클럭 지터를 Mathcad 로 분석하기

▶ 애플리케이션 노트



▶ TDS7054



▶ TDS7104



▶ TDS7404

상세 정보

Tektronix(주)는 최첨단 기술로 작업하는 설계 엔지니어들에게 도움을 드리기를 위해 광범위하고 지속적으로 발전시키는 애플리케이션 노트, 기술 개요 및 기타 자료를 보완하며 지속적으로 유지합니다.

추가 상세 정보를 위해 당사 웹 사이트 www.tektronix.com 의 "Resources For You" 를 방문해 주십시오.

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 (02) 25086 501

일본 (소니/텍트로닉스 주식회사) 81 (3) 3448-3111

멕시코, 중앙 아메리카, 캐리비언 52 (5) 666-6333

네델란드 +31 23 56 95555

노르웨이 +47 22 07 07 00

중국 86 (10) 6235 1230

폴란드 (48) 22 521 5340

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 (2) 722-9622

영국, 아이레공화국 +44 (0) 1344 392000

미국 1 (800) 426-2200

기타 지역은 1 (503) 627-1924 로 문의



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 것이 아닙니다. 본사는 제품의 사양 및 가격 변경의 권리를 소유합니다. TEKTRONIX 및 TEK은 Tektronix, Inc.의 등록 상표입니다. 기타 모든 상표는 해당 회사의 서비스 마크, 상표 또는 등록 상표입니다.
01/01 HMM/PG 55K-14548-0