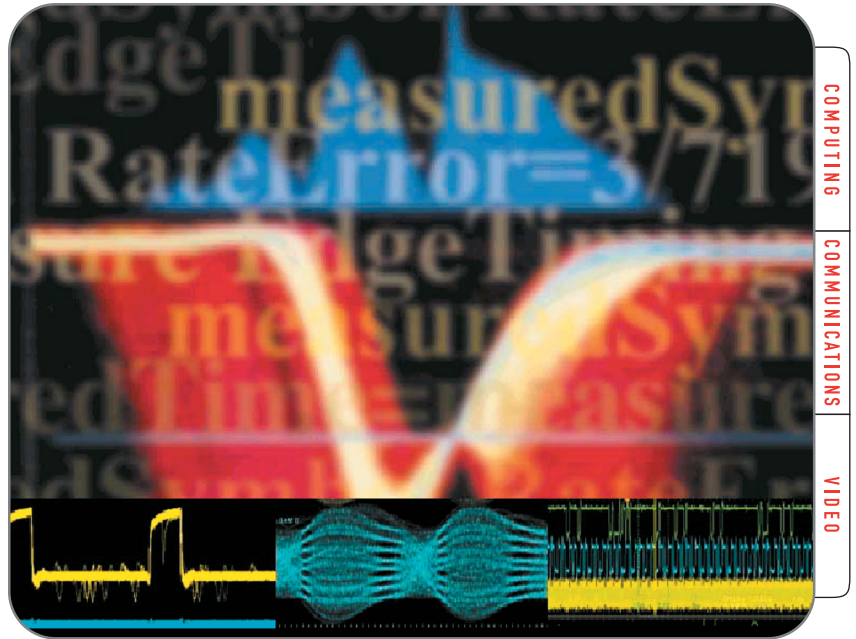


클럭 지터를 Excel로 분석하기



▶ 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 향상시키고, 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 상주시킬 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 Excel 사용법에 관한 내용입니다. 다음과 같은 내용으로 구성되어 있습니다:

- ▶ 정밀 결과 도출에 필요한 샘플 해상도 결정 방법
- ▶ TDS7000으로부터 Excel로의 파형 데이터 이동 방법
- ▶ 간단한 지터 분석 워크시트 작성 방법
- ▶ 결과 그래프화에 필요한 Excel 사용법

¹ TDS7000은 분석 시스템처럼 오실로스코프의 기능을 극대화 할 수 있도록도 다른 Windows 모니터로 출력할 수 있습니다. 두 번째 모니터는 별도의 애플리케이션을 동시에 하위 모니터 상에서 실행하면서 스크롤을 효과적으로 사용할 수 있지만 반드시 필요한 것은 아닙니다.

클럭 지터를 Excel로 분석하기

▶ 애플리케이션 노트

지터 개요

지터에 대해

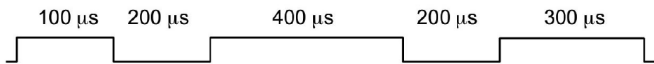
지터는 다음과 같은 2 가지의 중복된 뜻을 갖고 있습니다:

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

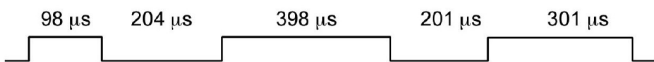
지터 시간간격은 대체로 수십 ps에서 수백 ps까지의 범위를 갖습니다. 클럭 주파수가 1 GHz 범위에 도달한 경우, 외형적으로 적은 양의 지터 오류는 "타이밍 허용범위"의 핵심 부분이 될 수 있습니다. 즉, 일련의 논리 작동을 위해 시간이 할당됩니다. 예를 들어, 2.5 Gbits/s 표준 SONET/SDH 비트 속도에서 1 단위 시간간격 (1 데이터 비트)은 400 ps일 뿐입니다. 송신기 및 수신기 컴포넌트가 이러한 범위의 대부분을 소모합니다. 지터는 너무 많은 잔여 시간 때문에 꼭 필요한 작동을 불가능(부정확)하게 만듭니다.

지터 특성

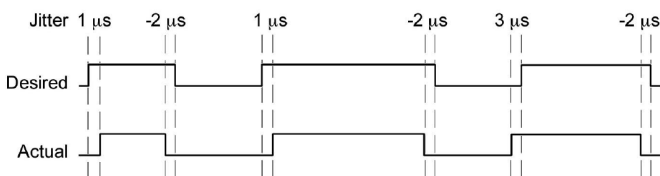
도해로 표시된 지터를 주의 깊게 보십시오. 다음과 같은 파형을 염두에 두십시오:



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:

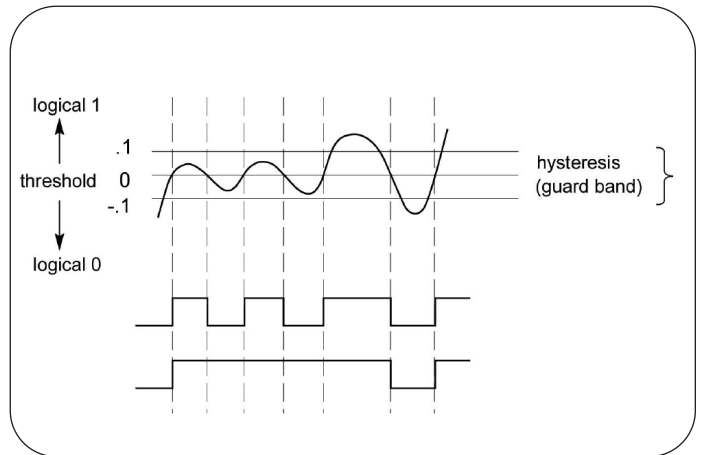


이 경우 신호 트랜지션은 시간 축 최적의 위치로부터 편차가 발생되고 그것은 트랜지션 사이에서 변화합니다 (지터의 정의). 잡음 및 기타 오류 소스와 같은 팩터로 인해 에지 위치가 변경되는 지점에서, 변경되는 크기는 지터의 절대량에 따라 μs, ns, 또는 ps 단위로 표시되는 지터 값입니다.



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 넘히는 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.



▶ **그림1:** 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 업계 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 Mbits/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 소비자용 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.

용어

클릭 지터 예에서 사용되는 용어는 다음과 같습니다:

표1: 클릭 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 보간법이 라고 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.

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

최적의 샘플링 시간간격 결정

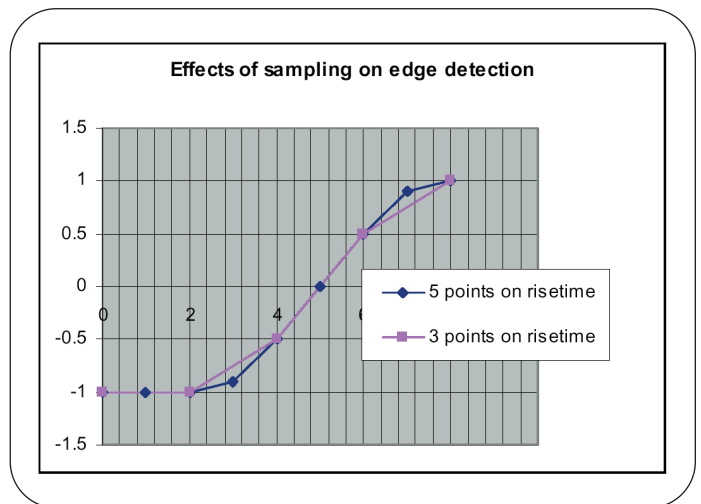
파형 데이터를 획득하기 전에, 사용하게 될 최적의 샘플링 시간간격을 결정해야 합니다. 지터를 측정하는 동안, 2가지 사항을 고려해야 합니다:

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

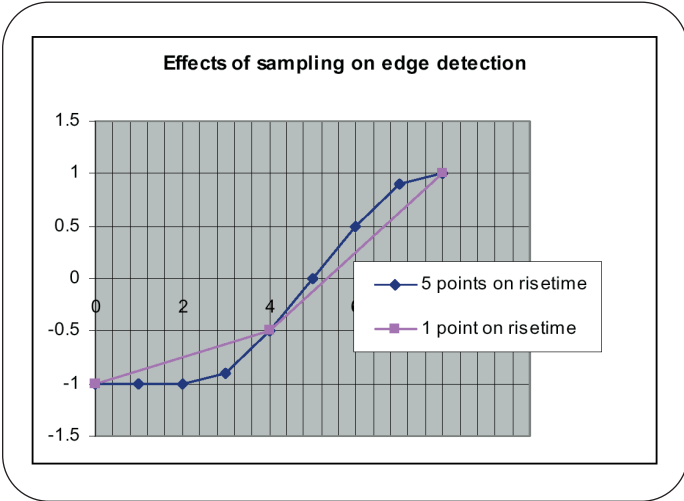
이것을 실행하기 위해, 무리 없이 포착할 수 있는 에지 수를 제한하기에는 충분하지 않지만, 에지의 위치를 표시하기에 충분한 해상도를 갖는 데이터를 샘플링 해야 합니다. 여기에는 다음과 같은 2개의 관련성이 있습니다:

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

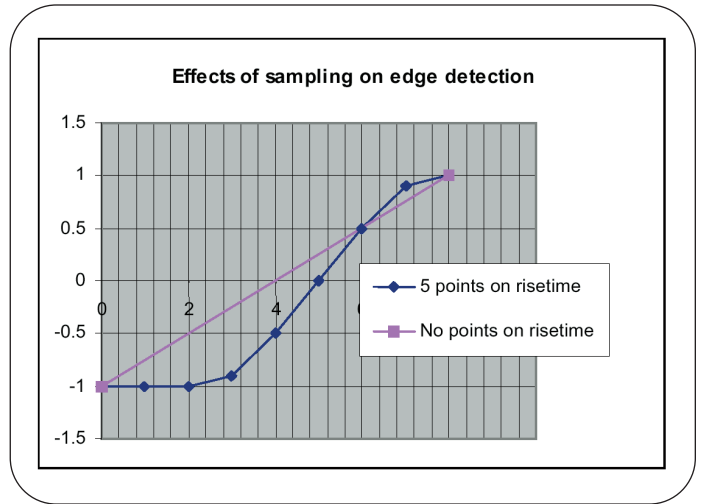
두 번째 관련성에 대한 내용은 아래와 같습니다. 다음 그래프는 상승 시간 3개 지점 및 상승 시간 5개 지점 모두에서 샘플링 된 에지를 나타냅니다. 두 가지 모두 수평 값 5에서 0을 통과합니다. 따라서 이것을 5에서 발생한 에지 라고 부릅니다.



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



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



위의 경우에서, 파형 상승 시간 중 3개 및 5개 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.

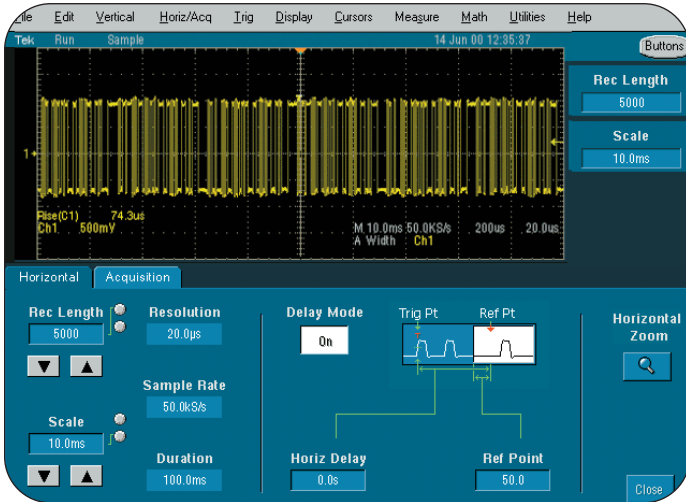
샘플링 시간간격 (획득용으로 설정된 샘플링 속도)을 결정함으로써, 일반적인 오실로스코프 방법론을 사용하여 파형을 포착합니다.

클럭 지터를 Excel로 분석하기

▶ 애플리케이션 노트

TDS7000 구성

20 μ s로 설정한 수평 해상도, 500 mV/div로 설정한 채널 1 수직 척도를 갖춘, 또는 아래 (그림2) 화면의 예에서와 같이 진폭 편향 다중 구역을 제공할 수 있는 설정항목을 갖춘 TDS7000을 5000 포인트 레코드를 포착하기 위해 구성하십시오.

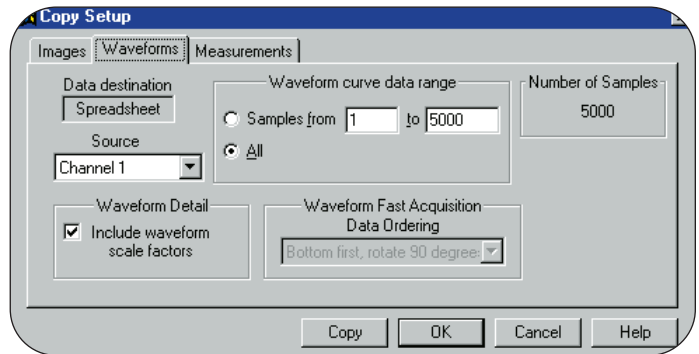


▶ 그림2: 파형 데이터를 포착하기 위한 TDS7000 구성

편의를 위해 본 예에서는 상대적으로 작은 파형을 사용합니다. 실제로, Excel을 사용할 때 파형 크기가 제한됩니다. 프로그램의 물리적 크기가 65,536 열로 제한되기 때문에, 65,536 보다 큰 파형 레코드는 잘리게 됩니다.

파형 데이터를 Excel로 복사하고 붙여 넣기

복사-및-붙여넣기 (Copy & Paste) 방법은 파형 데이터를 가장 직접적으로 스프레드시트로 전송하는 방법입니다. 이렇게 간단한 방법이 가능한 이유는 사용자가 TDS7000 시리즈의 개방형 Windows 아키텍처를 사용함으로써 오실로스코프 플랫폼 상에서 직접 Excel을 실행할 수 있기 때문입니다.



▶ 그림3: Copy Setup 대화 상자

오실로스코프의 Copy Setup 메뉴 옵션을 선택하면 위 대화 상자 (그림3)가 나타나고, 파형 데이터를 신속하게 전송할 수 있는 저장 설정 옵션과 필요로 하는 모든 계기를 사용자에게 제공함으로써, 지터 분석 스프레드시트에 입력하기 위해 필요한 파라미터를 설정합니다.

Waveform 탭을 선택하면, Data Destination을 Spreadsheet로, Data Source를 Channel 1로, waveform curve data range를 All로, include waveform scale factors를 선택한다는 것을 기억하십시오. 위 선택을 완료한 뒤, 모든 사용자는 간단하게 Copy 단추를 클릭만 하면 됩니다.

다음 단계는 Excel을 시작한 뒤 새로운 스프레드시트를 열어, E6 (본 예의 경우) 셀을 선택하고 스프레드시트로 데이터 전송을 완료하기 위해 붙여넣기 (또는 Ctrl-V)를 하십시오.

9 페이지의 그림 6에서, Column I는 귀하가 입력한 거친 파형 데이터입니다. 해당 시트에서 이 열은 5,000개의 데이터 값을 갖습니다. Columns E, F, G, 및 H는 다음과 같은 파형 관련 정보입니다. 여기서:

레코드 길이 = 5,000 포인트 (H 열의 셀)
 샘플링 시간간격 = 1/샘플링 속도
 = 1/50,000
 = 0.00002 초

Column H는 각 샘플이 Trigger Point와 관련된 시간을 포함합니다. 이제 입력 파형은 Chart Wizard (그림 4)를 사용하여 그래프화 됩니다.

스프레드시트에 입력된 관련 계기 정보 및 파형 데이터를 사용하여 다음과 같은 것을 포함한 데이터 변수를 스프레드시트에 입력할 수 있습니다. 그림 6에서 볼 수 있는 입력 데이터, 심볼 속도, 임계값, 및 히스테리시스(C 열, 4 행부터 8행까지, 이름이 정해진 Input Data).

다음 단계는 그림 6의 Column K에서와 같이 거친 입력 파형의 측정된 에지 타이밍 어레이를 발생시키는 것입니다. Excel에는 입력 파형의 에지를 간편하게 찾기 위해 사용할 수 있는 내장 함수가 없습니다. 이러한 상황이 발생된 경우, 문제를 해결할 수 있는 한가지 방법은 Excel의 내장 Visual Basic Editor를 사용하여 사용자정의 함수를 작성하는 것입니다. K 열의 식은 내장 VB Editor를 사용하여, 본 예에서 Measure Edge Timing 이라 불리는 사용자정의 함수에 의해 발생됩니다.

에지 간 클럭 구동

에지의 각 쌍 간의 클럭 번호는 항상 n입니다. 인접하는 에지 (K 열) 간에서 측정된 에지 시간을 빼고 제공된 심볼 속도 (C6 셀)에 그 값을 곱함으로써 에지 간 클럭 번호의 비-정수 값을 얻을 수 있습니다. 수를 가장 가까운 정수로 만들면, L 열에 저장한 값을 얻게 됩니다. L 열은 누적된 구동 심볼 클럭입니다. 즉, 첫 번째 에지 이후의 클럭 누적 번호가 됩니다.

주: 심볼 속도는 통신 시스템이 데이터를 전송하고 있을 때의 주파수라는 것을 기억하십시오. RS232 통신에서는 보드속도.

측정된 평균 심볼 속도 계산

이제 최적의 측정된 에지 (K 열) 및 직선으로 구동된 클럭 (L 열)을 찾을 수 있습니다. 이것을 실행하기 위해, Excel의 SLOPE 및 INTERCEPT 함수를 사용하여 선형 회귀를 사용합니다. 직선에 사용되는 공식은 다음과 같습니다:

$$y = a + bx$$

여기서:

a = 인터셉트 (선 y-축을 교차하는 지점)

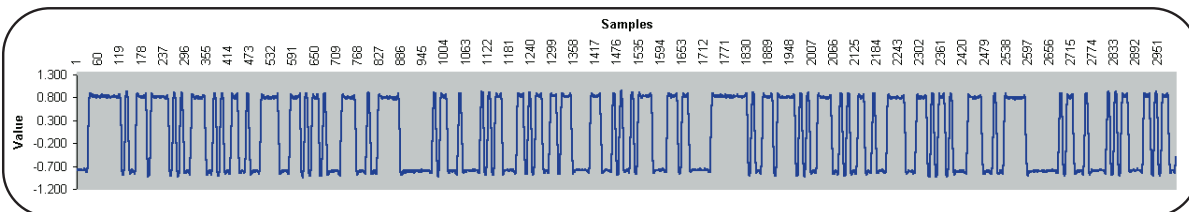
b = 기울기 (선을 따라변하는 속도)

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

$$y = \text{에지 재구성 시간 (M 열에 나타날 값)}$$

$$x = \text{에지 클럭 번호 (L 열)}$$

Excel의 INTERCEPT 함수는 값 a를 귀선 시킵니다. Excel의 SLOPE 함수는 값 b를 귀선 시킵니다.



▶ **그림 4:** Excel에서의 클럭 지터 입력 파형 그래프

심볼 클럭 오류 속도 계산

모든 샘플링 값으로 확대될 때 측정된 평균 심볼 속도를 알고 있으므로, 심볼 클럭의 평균 오류인 심볼 클럭 오류 속도를 계산할 수 있습니다. 측정된 평균 심볼 속도에서 제공된 심볼 속도를 빼고 제공된 심볼 속도로 나눔으로써 이 결과를 얻을 수 있습니다.

첫 번째 예지 계산

예지 (M6 셀에 나타남)의 첫 번째 재구성 타이밍 예지 시간은 y-축 최적의 선 인터셉트입니다. 첫 번째 예지를 계산하려면 Excel의 INTERCEPT 함수를 사용하십시오.

타이밍 재구성

Column M은 예지의 재구성 타이밍입니다. 여기서 공식 $y = a + bx$ 를 적용할 수 있습니다. 모든 예지의 타이밍을 재구성 하려면(다시 말해, y를 풀려면), 예지(공식의 x에 대응하는 L 열)간 구동 클럭을 곱한 기울기 b (1/ C18 셀)에 이미 계산된 인터셉트 a (C21 셀)를 더해야 합니다.

지터 계산

Column N은 재구성된 예지 타이밍 (M 열)과 측정된 예지 타이밍 (K 열) 간의 타이밍 차이를 발견함으로써 계산된, 지터입니다. 그리고 RMS 지터 (C14 셀)에 결과를 제공하십시오.

솔루션 그래프화

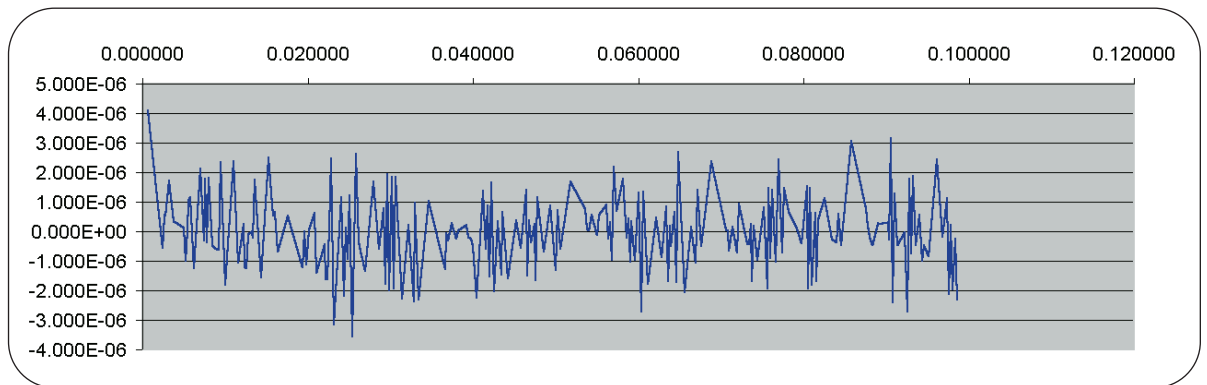
이제 재구성된 타임 값을 지터를 y-축으로, 스캐터 플롯을 x-축으로 플롯화할 수 있습니다 (그림5).

결과의 공유

분석을 완료했으면, 그 결과를 동료, 거래 업체, 소속 부서원, 또는 고객에게 전달할 수 있습니다. TDS7000 시리즈는 오실로스코프 플랫폼에서 실행할 수 있는 Power Point 및 Word 같은 Windows 호환 응용 프로그램을 사용할 수 있는 탁월한 장점을 갖추고 있기 때문에 매우 간편하게 위 업무를 처리할 수 있습니다.

보다 편리하게 보고나 프레젠테이션을 하기 위해 분석 과정에서 발생된 특정/모든 데이터, 스프레드시트, 화면 사진 및 그래프를 다른 Windows 응용 프로그램으로 빠르고 간편하게 전송할 수 있습니다. 또한 위 자료들을 차례로 귀하 회사의 인트라넷상의 네트워크 드라이브로 전송 저장하여, 시간과 공간을 초월하여 필요시 네트워크 자원을 인쇄하거나, 전자메일을 통해 전세계 모든 사람에게 보낼 수 있습니다.

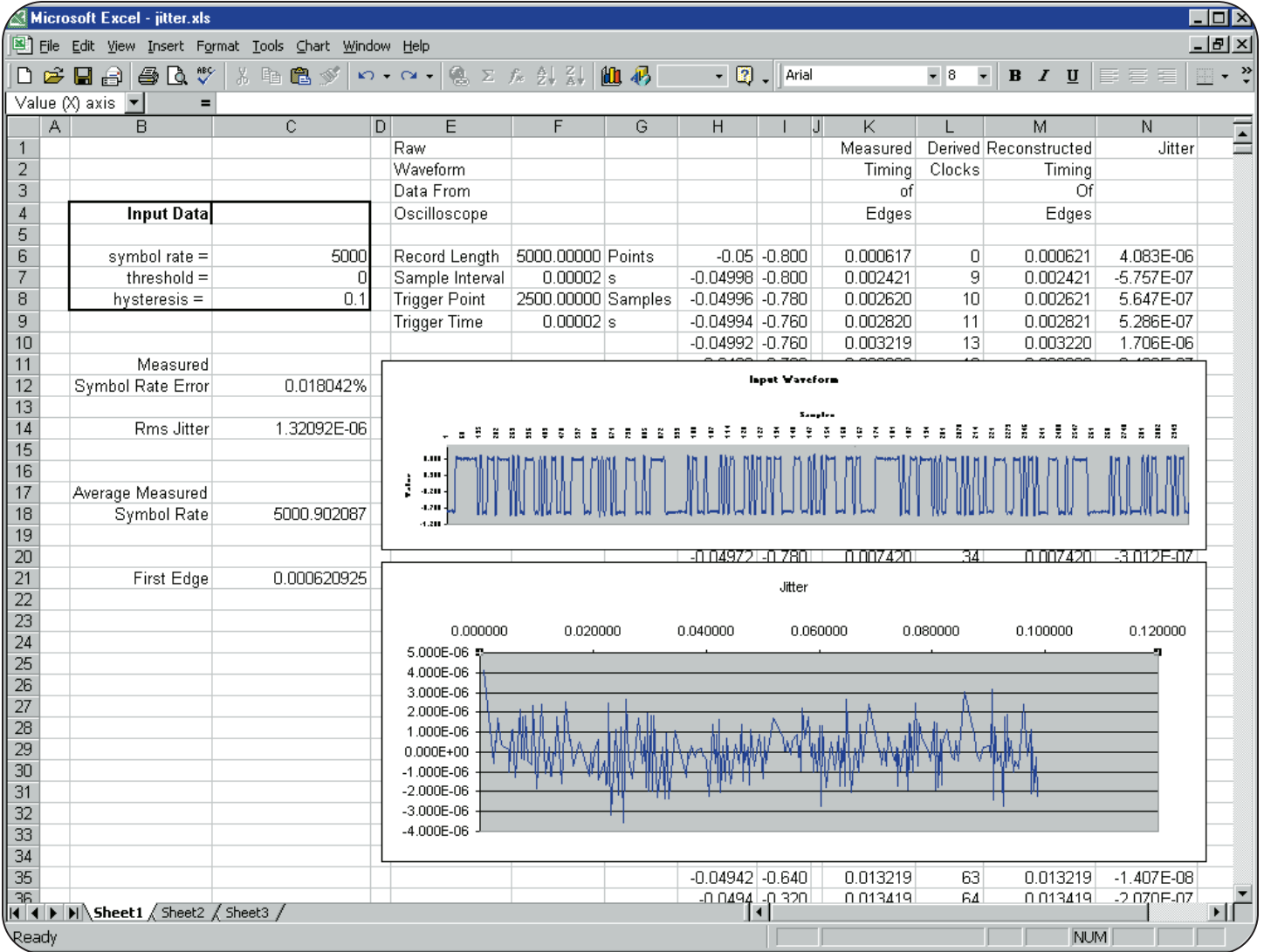
결과의 보다 광범위한 공유 및 효율적인 전송으로 오늘날 설계 엔지니어들이 접하고 있는 시간을 증시하는 환경하에서의 통신 정보 효율성 및 속도가 현저하게 증대될 수 있습니다.



▶ 그림 5: Excel에서의 클럭 지터 솔루션 그래프

클럭 지터를 Excel로 분석하기

▶ 애플리케이션 노트



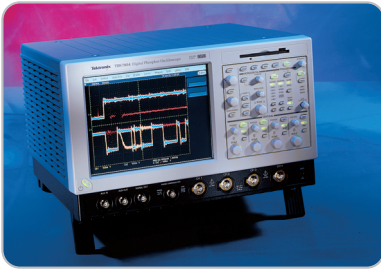
▶ **그림 6:** 클럭 지터 분석 Excel 스프레드시트의 예

¹ 그림 6은 본 자료에서 이전에 설명한 알고리즘을 포함하는 Excel 스프레드시트의 예입니다. 이 그림은 본 자료를 통해 유용하게 사용됩니다.

² 기능적 측면의 Excel 스프레드시트 및 매크로, 프로그래밍 지침을 포함한, 본 스프레드시트 기능의 예 및 클럭 지터 분석 애플리케이션 개발 내용의 보다 상세한 설명은 웹 사이트 www.tektronix.com/accessories/ 를 통해 Tektronix (주)가 제작 판매하고 있는 *Oscilloscope Connectivity Made Easy* 책자 및 CD-ROM에 포함되어 있습니다.

클럭 지터를 Excel로 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, 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

이탈리아 +39 (2) 25086 501

일본 (소니텍트로닉스 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

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, 아이레 공화국 +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 TEK 은 Tektronix, Inc.의 등록 상표입니다. 기타 모든 상표는 해당 회사의 서비스 마크, 상표 또는 등록 상표입니다.
01/01 HMM/PG 55K-14563-0