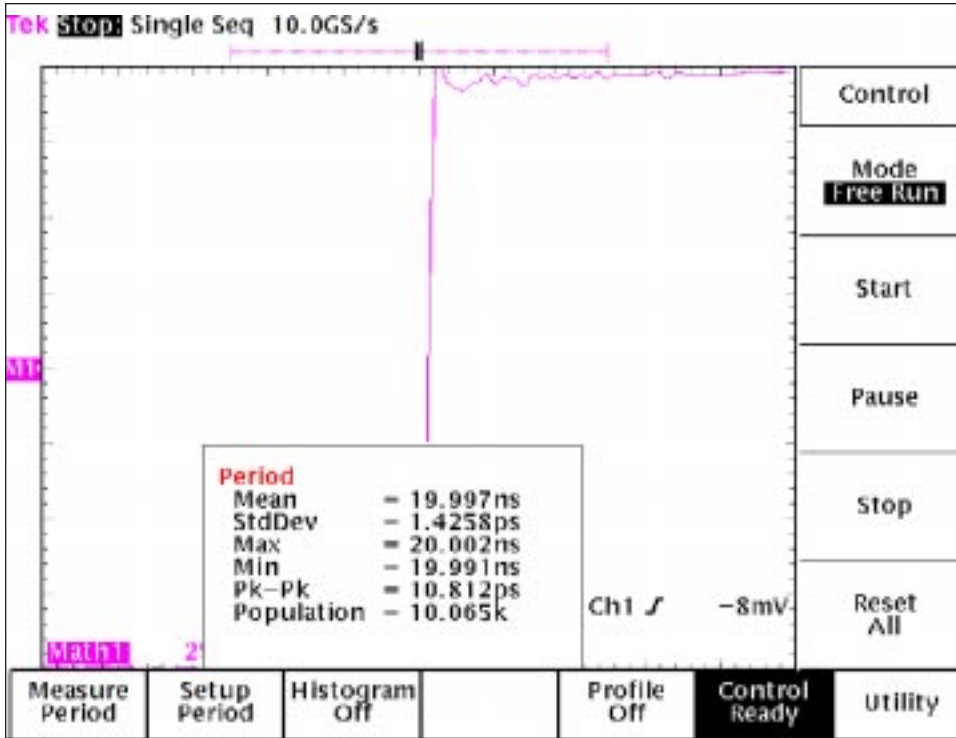


# TDS 디지털 오실로스코프용 지터 측정 신기술



초정밀 타이밍 측정을 실행하는 Tektronix TDS694C 오실로스코프

## 서론

빠르게 상승하는 클럭 속도 및 보다 철저한 타이밍 마진은 이전에 사용했었던 것보다 더 강력한 지터 특성화 기술을 필요로 하고 있습니다. 통계 분석 히스토그램 및 기타 자동 측정을 결합한 전통적인 지터 측정은, 다중 포착 중에 데이터를 모으기 위한 필요성 때문에 제한되어 왔습니다.

오늘날, 고 대역 포착 회로와 매우 긴 레코드 길이는 지터 측정에서 새로운 정확도를 가능하게 합니다. 본

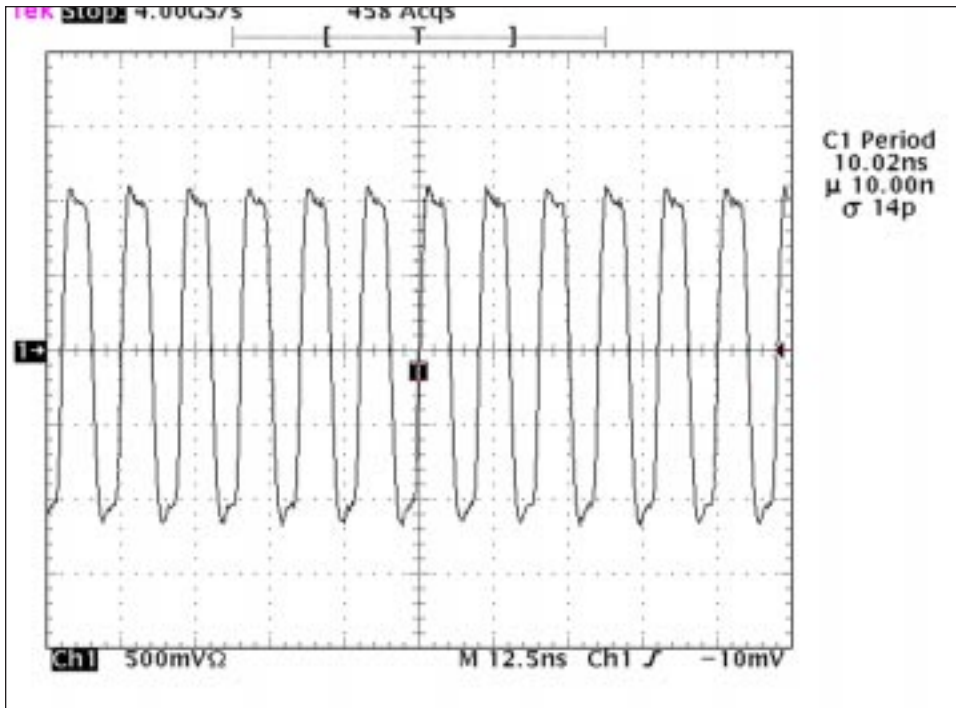
애플리케이션 노트는 다음을 제공합니다.

- 전통적인 지터 측정 기술 개요
- 새로운 지터 측정 성능
- 새로운 지터 측정 성능용 애플리케이션
- 지터 사양

## 지터에 대한 이해

지터는 신호의 전환간 타이밍 변동 또는 시간상에서 이상적인 위치로부터의 신호 전환 편차로 정의됩니다. 과도 지터는 데이터 비트 스트림을 부정확하게 전송함으로써 통신 신호의 비트 오류율(BER)을

증가시킬 수 있습니다. 디지털 시스템에서, 지터는 회로가 부적절한 행동의 원인이 되는 타이밍 마진을 위반할 수 있습니다. 정확한 지터 측정은 시스템의 안정성과 신호가 얼마나 오류에 가까운지를 결정하기 위해 필요합니다.



### 전통적인 지터 측정 기술

자동 측정 및 통계. 그림1은 자동주기 측정을 실행하는 Tektronix 오실로스코프 출력을 보여줍니다. 예에서, 클럭은 10ns로 가정합니다. 자동 주기 측정은 평균 주기가 10ns, 표준 편차가 14ps로 나타나는 표준 편차( $\sigma$ ) 및 평균( $\mu$ ) 계산과 결합합니다.

최소-최대 자동 측정 함수(그림2)는 클럭 주기가 +50ps/-60ps로 jittering(최적 위치로부터의 편차) 되고 있습니다. 주파수, 지연 및 듀티 사이클의 Tektronix 자동 측정 상에서의 통계 사용은 신호의 지터 정보를 제공합니다.

그림 1. 자동 주기 측정

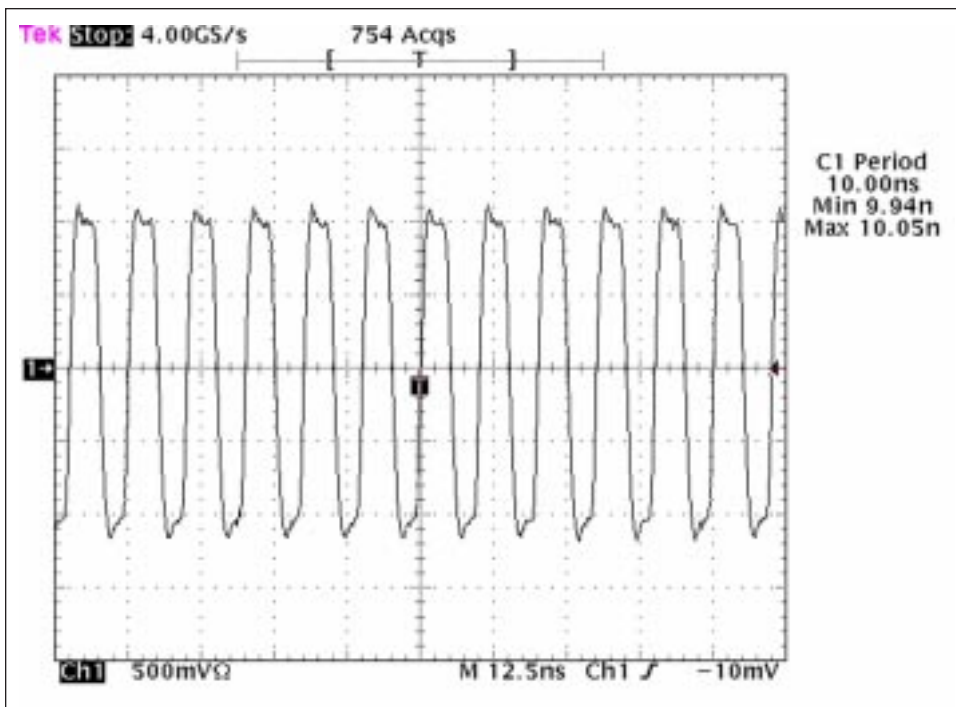


그림 2. 최소-최대 함수 사용

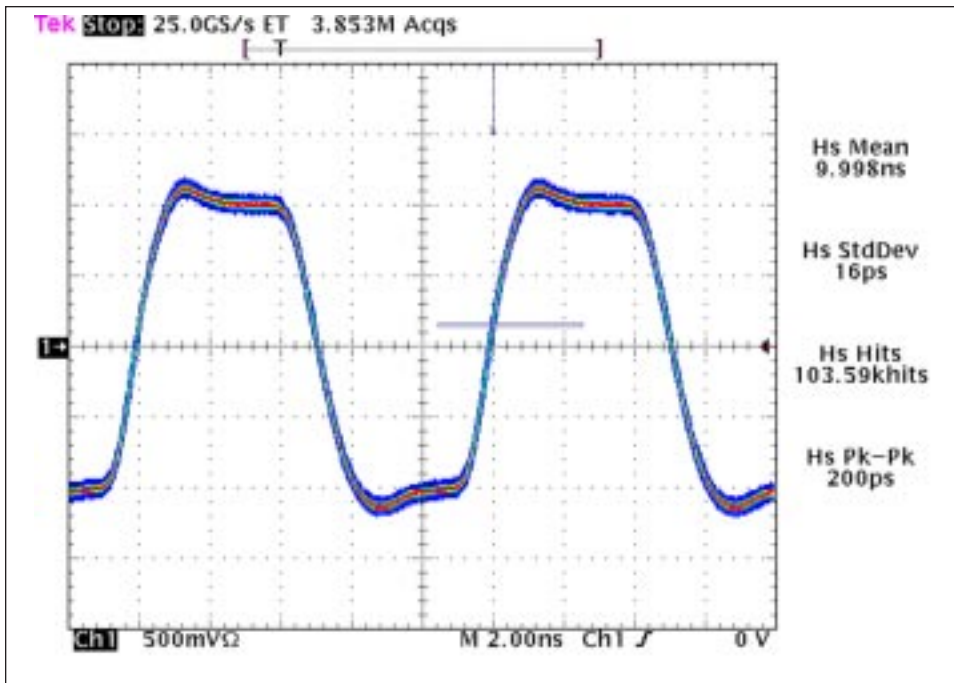


그림 3. 지터의 히스토그램 측정

히스토그램 및 히스토그램 통계. 지터는 또한 그림3에서 보는 바와 같이, 히스토그램 기술로 측정될 수 있습니다. 예에서, 100MHz 클럭은 16ps 표준 편차로 지터되고 있습니다. 게다가, 최소 및 최대 주기 차는 200ps입니다. 히스토그램 기술 또한 통계(103.59khits) 및 평균(9.998ns) 계산에 사용되는 샘플 크기 같은 다른 통계를 제공합니다.

**지터 측정 오실로스코프에 필요한 새로운 방법**

그림4에서, 신제품 Tektronix TDSJIT1 지터 측정 패키지를 내장한 Tektronix TDS 오실로스코프는 100MHz 클럭상의 주기 측정을 실행합니다. 이번 예에서, 클럭 주기는 11.295ps RMS(표준 편차) 지터를 가지며, 최소 주기는 9.9525ns(최소)이고 최대 주기는 10.045ns(최대)입니다. 또한 측정 패키지는 Mean, Pk-Pk, 및 Population 자동 계산을 제공합니다.

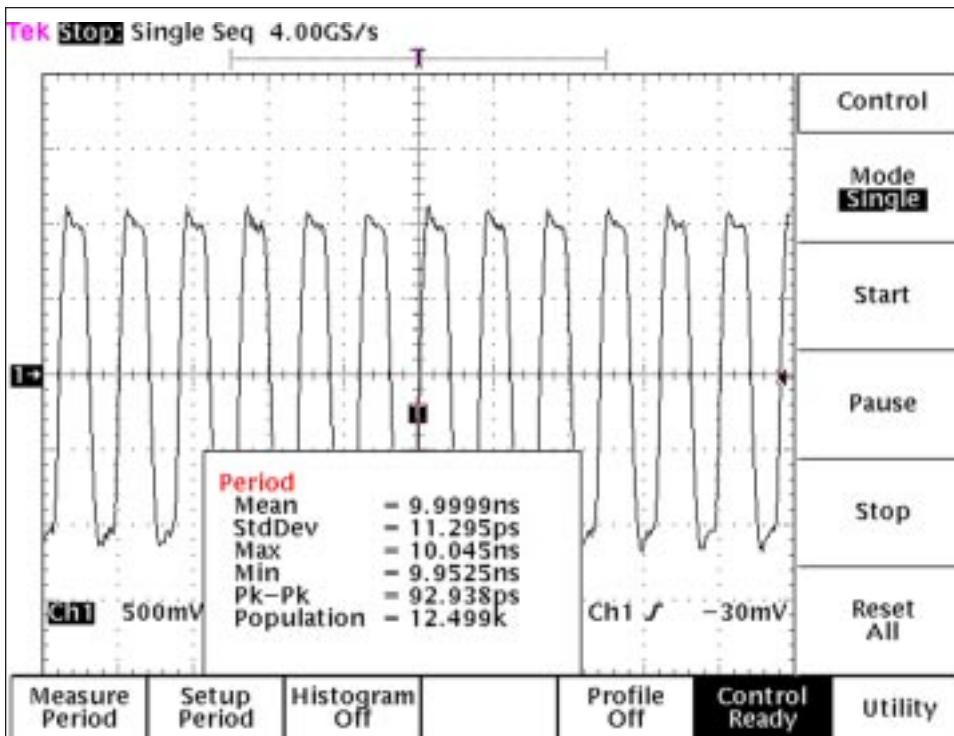


그림 4. 지터 측정 신기술을 사용한 주기 측정

**이번 신기술이 다른 기술과의 차이점은?** 클럭 신호상의 주기 측정을 고려하십시오. 전통적인 자동 측정 및 히스토그램 측정 기술은 그림 5에서 보는바와 같이 다중 실행됐습니다.

자동 측정을 사용함으로써, 스코프는 셋업 파라미터(측정 레벨 등)를 본질적으로 결정하고, 첫 번째 완전한 파형 주기 상에서 측정되고, 그리고 결과는 모든 포착으로부터 통계적으로 누적됩니다. 이

기술은 고도로 자동화되고 최소한의 사용자 입력을 필요로 합니다.

전통적인 히스토그램 측정법을 사용함으로써, 사용자는 측정의 몇가지 제어를 가지고 최적의 히스토그램 위치를 볼 수 있습니다. 자동 측정 보다 더 많은 사용자 상호작용을 필요로 합니다. 사용자는 히스토그램 이외의 보다 많은 중요한 통계 정보에 의해 보상 받습니다.

그러나, 두가지 경우 모두, 데이터는 다중 트리거

포착으로부터 얻습니다. 단일 주기는 각 포착에서 측정되고, 포착 간에서는 측정되지 않습니다. 또한 스코프의 트리거 지터는 포착에 영향을 주고 측정된 지터에 부가할 수 있습니다. Tektronix TDSJIT1 지터 측정 소프트웨어에 의해 실행된 지터 측정 신기술은 범위가 500에서 800만 포인트까지 될 수 있는 길이의 포착파형에서 모든 주기상의 지터를 측정합니다.(그림 6)

지터 측정은 단일 트리거 포착에서 모든 연속 사이클 상에서 실행될 수 있습니다. 예를 들어, 이것은 클럭 Profiling과 같은 클럭 변조 표시 및 기타 성능을 제공하는 클럭 인접 주기 상에서 실행될 지터 측정을 가능케 합니다.

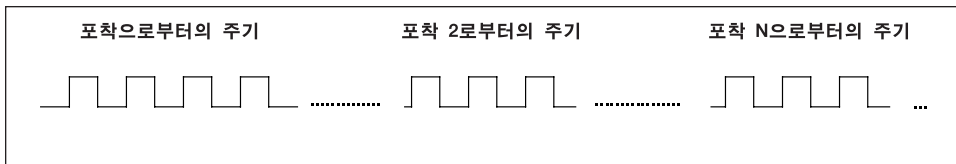


그림 5. 다중 트리거 포착

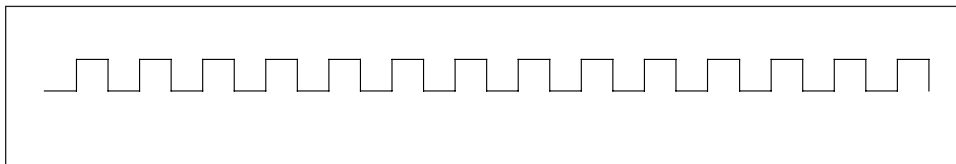


그림 6. 단일 트리거 포착으로부터의 연속 주기

**지터 측정 신기술용 애플리케이션**

주기 안정성 측정. 타이밍 마진이 감소하기 때문에, 클럭 시스템은 주기 안정성에 필요한 매우 일정한 제한을 가져야만 합니다. 그림 7에서, TDS694C 오실로스코프는 20ns (100ps 주기 사양을 갖는 클럭의 22,808 주기 누적이

가능했습니다. 최소 및 최대 read-out은 클럭이 요구사항에 알맞게 부합하는 것을 표시합니다. 게다가, 1.7718ps RMS 값은 최악의 피크 편차를 산정하는데 사용될 수 있습니다. TDSJIT1 측정 패키지의 보간법 기술 및 TDS694C의 타이밍 성능은

이런 고도의 정밀 측정을 가능하게 합니다.

**PLL 특성화.** PLL 성능은 VCO(전압 조정 발진기)상의 DC 제어 전압을 관찰함으로써 간접적으로 볼 수 있습니다. 그러나, 이 방법에 영향을 주는 두가지 문제가 있습니다. 첫 번째, 프로브 loading은 변화할 수 있고 loop 성능을 저하합니다. 두 번째, 루프 성분, 즉 DC 제어 전압은 통합되고 있고 더 이상 액세스가 불가능합니다. 관찰할 수 있는 신호 만이 레퍼런스 입력이고 PLL 출력입니다.

TDSJIT1 측정 패키지를 장착한 Tektronix TDS500D/600C/700D 디지털 오실로스코프는 PLL 특성화 최적화 도구입니다. 이 오실로스코프들은 최소한의 로딩 효과가 발생되고 Cycle-Cycle, Period, Frequency, 및 Skew 자동 측정을 제공합니다.

그들의 입력을 트랙하기 위한 PLL 출력 능력은 입력의 주기간 변동에 의해 결정됩니다. 과도한 지터 또는 lock의 손실은 프로세서 시스템에서의 lock-up 원인이 될 것입니다. 그림 8은 1GHz 에서 작동하는 PLL 출력의 주기 지터의 TDSJIT1 측정을 보여 줍니다. 예에서, peak-peak 편차는 21.755ps입니다.

PLL 설계의 다른 관심사항은 데이터 누화(cross talk) 또는 파워 서플라이의 영향입니다. 그림 8은 7,194 주기 측정의 Profile을 보여줍니다. 이 Profile은 포착 레코드에서 사이클 넘버에 대해 plot된 각 주기 측정을 보여줍니다. 프로파일 파형이 임의로 3ps 지터보다 적은 RMS로 분산됨을 주목하십시오. 이것은 파워 서플라이나 누화 커플링을 표시하지 않습니다.

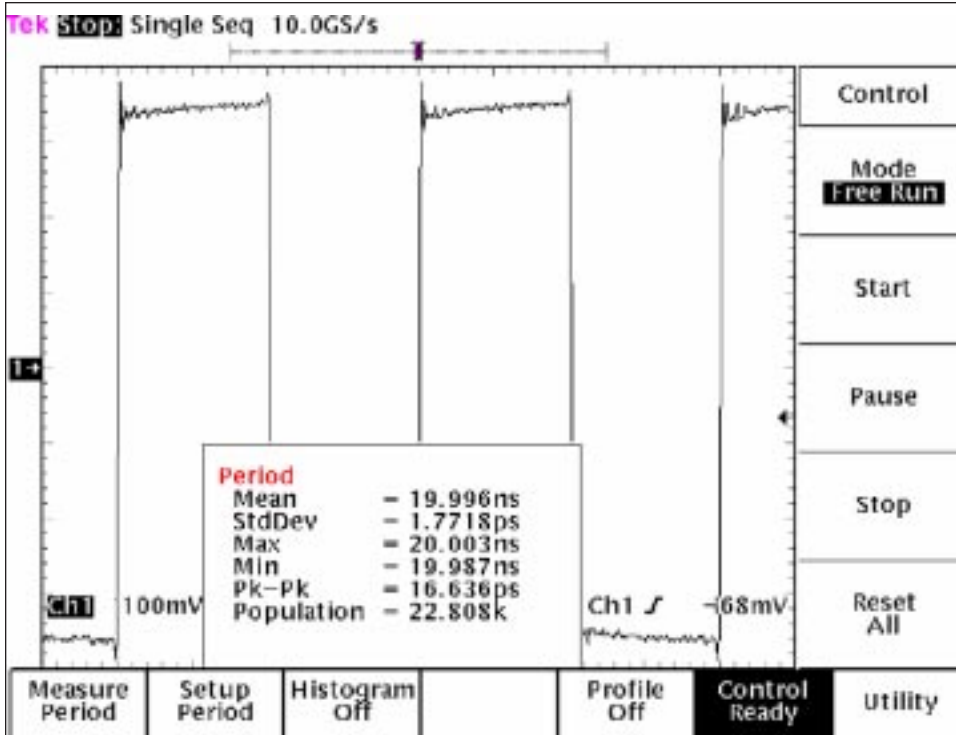


그림 7. 주기 안정성 측정

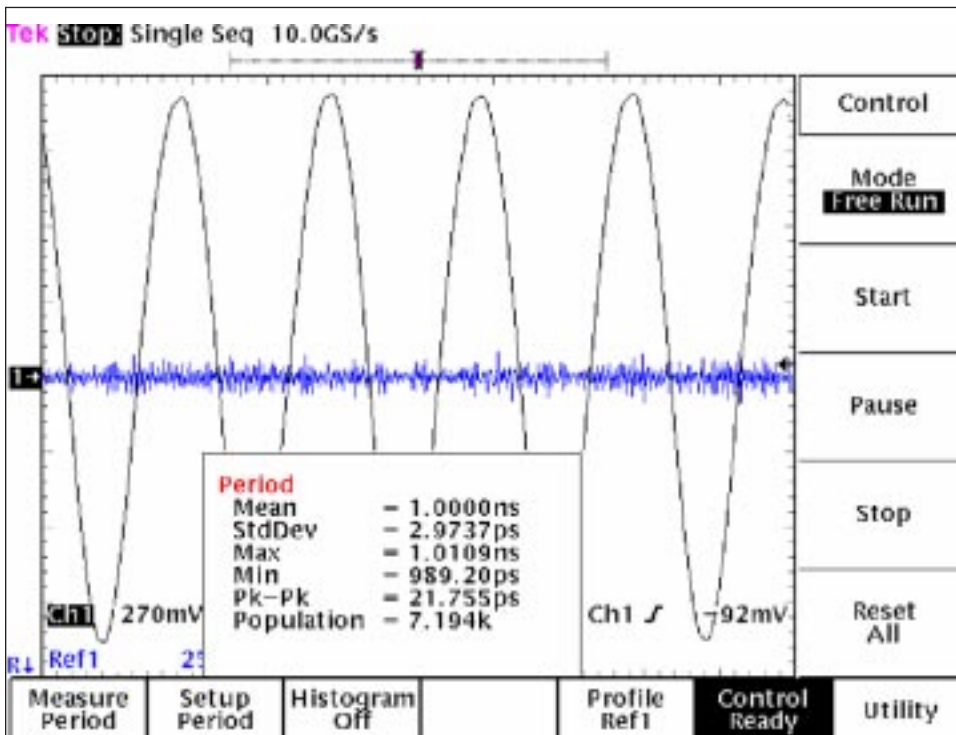


그림 8. PLL 출력에서의 주기 지터

주파수 변조 클럭. 클럭의 주파수 변조는 데이터로부터의 누화 또는 교환 서플라이 잡음(switching supply noise)이 경로를 클럭으로 바꿀 때 발생할 수 있습니다. TDSJIT1 Profile 기능을 사용하여, 사용자는 시간에 대한 변조 효과를 플로트할 수

있고 변조 소스 및 주파수를 결정할 수 있습니다. 엄격한 EMI 필요성에 부합하는 회로 설계에 도움을 주기 위해 사용되는 확산 스펙트럼 클러킹(SSC) 기술에서도 실행될 수 있습니다. 저 주파수를 사용한 클럭 변조는 주파수 범위를 넘어 확산되는 에너지의

원인이 됩니다. 에너지는 아직 존재하지만 하나의 임의 주파수에서 보다 적습니다. 이 기술은, 임의 특정 주파수에서 EMI 에너지를 감소 시킵니다.

그림 9는 31kHz 삼각파로 변조된 100MHz 클럭의 주기를 보여줍니다. TDSJIT1 프로파일 기능은 SSC가 주기 측정에 얼마나 영향을 주는지 보여주기 위해 활성화 되어왔습니다.

그림 10에서, 사용자는 동일 클럭의 cycle-cycle 프로파일을 봅니다. cycle-cycle 프로파일이 31kHz 변조 효과를 볼 수 없음을 주목하십시오. 그림 9에서의 peak-peak 측정이 비록 139.18ps 이더라도, 그림 10에서의 최대 cycle-cycle 변동은 단지 102.01ps입니다. 정확히 설계된 SSC 시스템에서, cycle-cycle 지터에 대한 SSC 원인은 특성화 될 수 있고, 무시될 수 있습니다.

이 기술은 히스토그램 기술보다 더 정확합니다. 고유 클럭 지터 이외에 peak-peak 변조에 지터 균등을 보여줄 것입니다. peak-peak 변조는 다른 지터 항을 swamp하기에는 너무 큼니다. Single-shot cycle 연속 주기 기술을 사용하면, 한 사이클에서 다음 사이클까지의 변조는 상당히 작습니다.

게다가, TDSJIT1 cycle-cycle 측정은 TDS 히스토그램 기술 보다 더욱 적은 값을 보여줄 것입니다. True cycle-cycle 측정을 사용함으로써, 저 주파수 SSC 변조 분포는 한 사이클에서 변조가 아닌, 클럭 지터가 보여지게 될 다음 사이클까지 충분히 작습니다. 이 측정을 사용함으로써, 사용자는 보다 크게 변조된 피크 cycle-cycle 지터가 아닌, 보다 적은 cycle-cycle 지터만 구분할 수 있습니다.

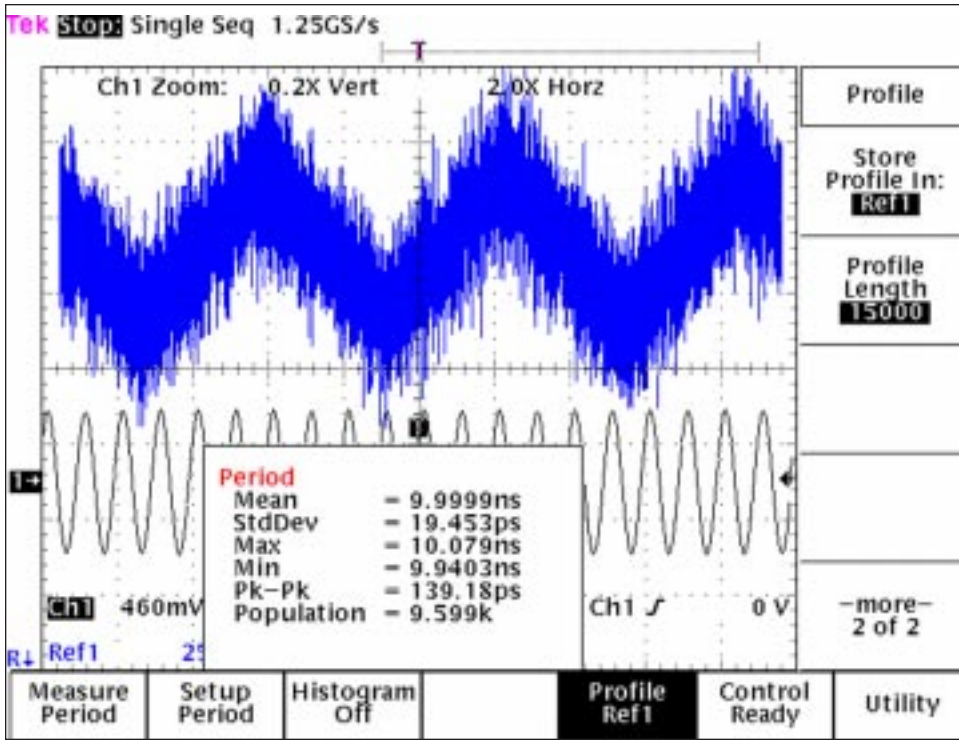


그림 9. SSC의 Profile 측정

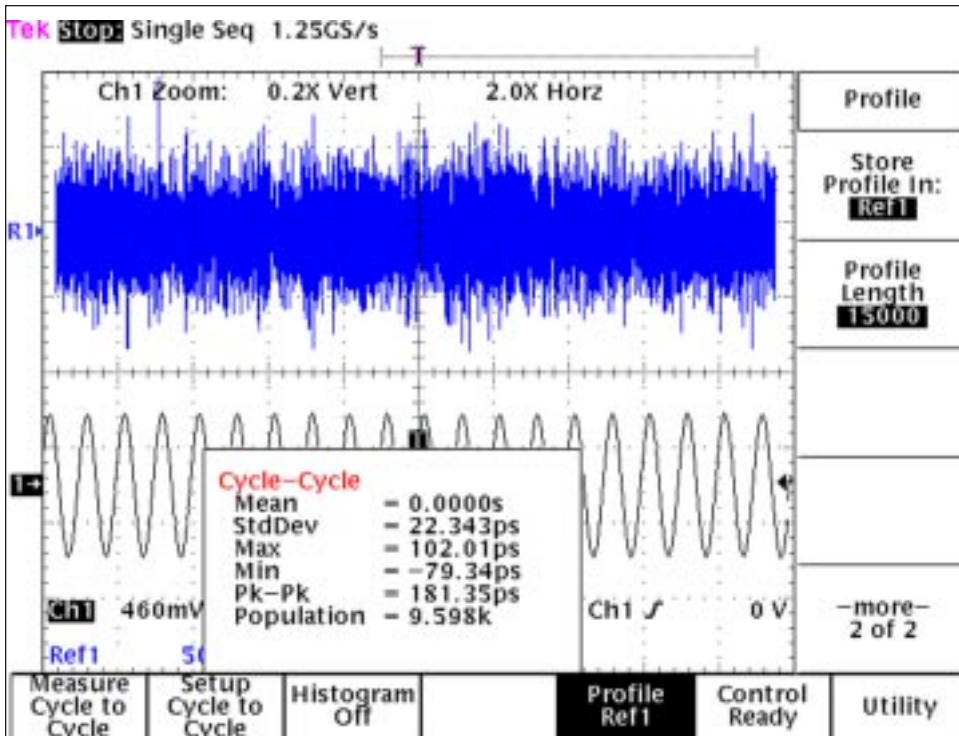


그림 10. SSC 시스템의 cycle-cycle profile

**지터 측정에 영향을 주는 오실로스코프 사양**  
 다음은 사용자 지터 측정에 영향을 주게 될 가장 일반적인 디지털 오실로스코프 사양의 요약 설명입니다. 이 사양은 스코프 사이에서 다양하게 변화할 것입니다.

**트리거 지터.** 사용자 오실로스코프의 트리거 지터 사양은 DUT(Device Under Test)에 부가되는 스코프 트리거링 시스템에 예상할 수 있는 지터의 양을 명확히 합니다. 반복 포착 지터 측정에 응용이 가능하지만, 여기에서 single-shot 지터 측정이 상세히 나타나지 않습니다. 그러나,

[www.tektronix.com/Mea-urement/App\\_Notes](http://www.tektronix.com/Mea-urement/App_Notes)에서 다운로드 받아 이용할 수 있는 **TDS700D/500D 디지털 포스퍼 오실로스코프를 사용한 실행 지터 측정** 애플리케이션 노트와 위에서 설명한 전통적인 히스토그램/통계

기술을 사용하여 지터 측정을 실행할 때 중요합니다.

**반복성.** 이 사양은 사용자 측정이 서로 얼마나 근접한지 결정합니다. 예를 들어, 측정하려고 하는 주기를 정확하게 10ns로 가정합니다. 항상 측정 시스템이 11ns 주기로 되돌아오면, 반복성은 우수하지만, 측정이 아직 부정확합니다. 따라서, 좋은 반복성이 우수한 델타 시간 정확도와 결합되는 것은 매우 중요합니다. 시스템이 실제 값과 어느 정도 근접하게 측정할 것인지의 기준(아래를 보십시오).

**해상도.** 이 사양은 사용자가 “적은(small)” 단위로 측정 값을 어느 정도 정밀하게 바꿀 수 있는지 결정합니다. 반복성과 같이, 이 사양은 델타 타임 정확도 사양 안에 포함됩니다. 예를 들어, 측정 시스템이 10ns 주기 동안 10.001ns로 되돌아 오면, 1ps 해상도를 제공할 것입니다.

**델타 타임 정확도.** 델타 타임 정확도는 이러한 측정이 실제 값과 어느 정도 근접할 지를 결정하기 때문에 single-shot 타이밍 측정에 필요한 매우 중요한 사양입니다. 위에서 언급한 반복성 및 해상도 사양 모두 고려합니다.

델타 타임 정확도는 예상되어지는 것으로부터 최악의 피크 편차를 구분합니다. 오실로스코프에서, 샘플 인터벌, 타임 베이스 정확도, 양자화 오류, 보간법 오류, 증폭기 수직 잡음 및 샘플 클럭 지터를 포함하는 요인들을 기반으로 합니다. 각 factor 들은 타이밍 오류의 원인이 됩니다. 그래서, 모든 factor 들의 조합은 델타 타임 정확도 사양의 결과입니다.

예를 들어, 신제품 10GS/s, 3GHz Tektronix TDS694C용 최대 델타 타임 정확도 사양은 15ps입니다. 이런 최악의 사양은 여러 가지 입력 조건하에서 테스트된 사양입니다. 그러나, 응용된 입력에 의존함으로써, TDS694C는 오류를 더욱 적게 낮추는 측정 능력을 갖습니다. 그림 11에서 매우 정밀한 10,000 사이클 이상의 클럭 소스는 <1.5ps RMS 지터 및 <11ps 피크 오류를 위해 측정됩니다.

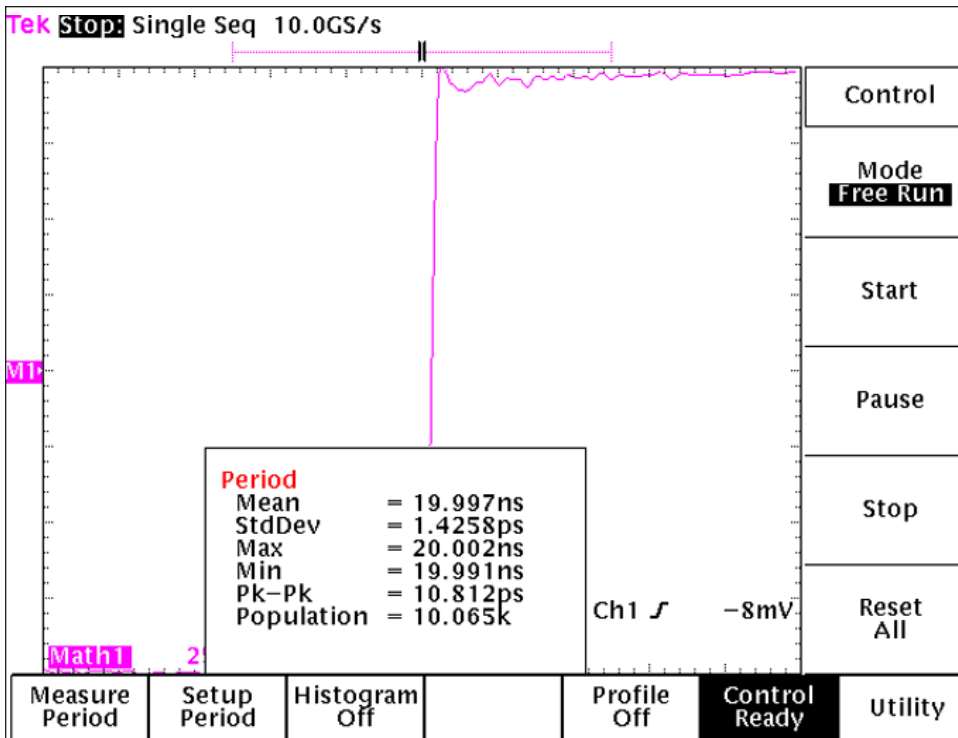


그림 11. TDS694C의 델타 타임 정확도.

**결론**  
Tektronix 디지털  
오실로스코프 및 신제품  
TDSJIT1 측정 패키지를  
사용하여, Tektronix는 보다

정확한 지터 측정 실행 방법을  
소개합니다. TDSJIT1 측정  
신기술, 새로운 자동 측정 성능,  
초고-대역폭 포착 엔진, 각  
채널 8MB 레코드 길이와 첨단  
보간법 기술을 결합함으로써,

TDS500D/600C/700D는  
고객에게 싱글 트리거  
포착으로 부터의 업계 유일의  
정확한 지터 측정을 가능케  
합니다.

#### 더 자세한 정보를 얻으려면 Tektronix로 연락하십시오.

월드 와이드 웹: 최근 신제품 정보를 위해 당사 웹 사이트: [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)를 방문하십시오. 기타 문의사항은 한국텍트로닉스 또는 가까운 공인 현품대리점을 방문하십시오. 한국 텍트로닉스: Tel) 02-528-0731 Fax) 02-528-0740  
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



저작권 © 1999, 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.

**Tektronix**