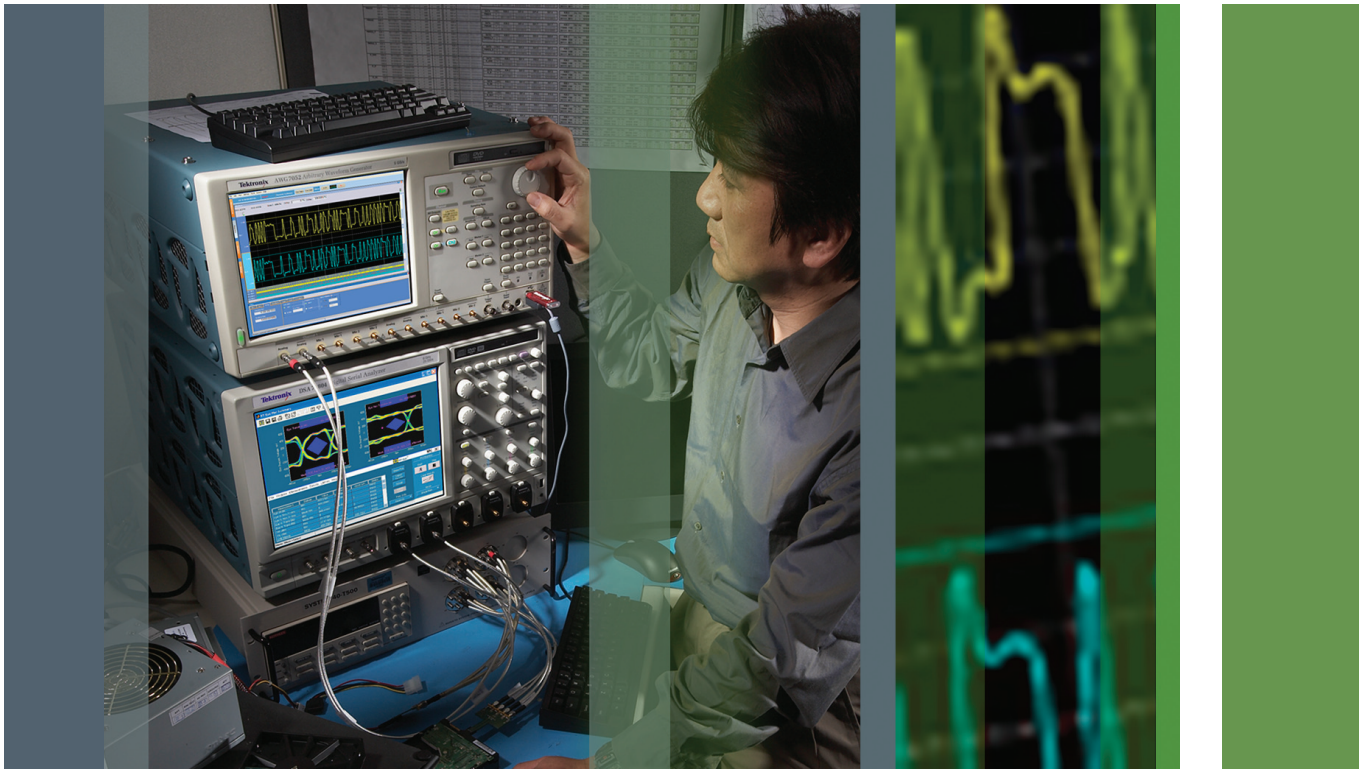


신호 발생기



목차

완전한 측정 시스템	5	신호 발생기의 유형	17
신호 발생기	6	아날로그 및 혼합 신호 발생기	18
아날로그 또는 디지털	7	아날로그 및 혼합 신호 발생기의 유형	18
신호 발생기의 기본적인 적용 분야	8	임의 발생기	18
검증	8	AFG(임의/함수 발생기)	18
디지털 모듈형 트랜스미터 및 리시버 테스트	8	AWG(임의 파형 발생기)	20
특성 분석	8	혼합 신호 발생기의 시스템 및 컨트롤	22
D/A 및 A/D 컨버터 테스트	8	성능 용어 및 고려 사항	24
스트레스/마진 테스트	9	메모리 용량(레코드 길이)	24
통신 리시버 스트레싱	9	샘플링(클럭) 속도	24
신호 발생 기법	9	대역폭	26
파형의 이해	10	수직(진폭) 분해능	26
파형의 특성	10	수평(시간) 분해능	27
진폭, 주파수 및 위상	10	구역 이동	27
상승 및 하강 시간	10	출력 채널	28
펄스 폭	11	디지털 출력	28
오프셋	12	필터링	29
차동 신호 대 싱글-엔드 신호	12	시퀀싱	29
기본 파동	13	통합 편집기	31
사인파	13	데이터 가져오기 기능	32
사각파 및 직각파	13		
톱니파 및 삼각파	14		
스텝 및 펄스 형태	14		
복합파	15		
신호 변조	15		
아날로그 변조	15		
디지털 변조	15		
주파수 스위프	16		
직교 변조	16		
디지털 패턴 및 형식	16		
비트 스트림	17		

혼합 신호 발생기를 사용한 파형 생성	33
ArbExpress®를 사용한 파형 생성	34
SerialXpress™를 사용한 파형 생성	35
RFXpress를 사용한 파형 생성	36
프리엠퍼시스/디엠퍼시스 신호 발생	35
멀티레벨 신호 발생	35
광대역 RF 신호 발생	36
무선 I/Q 및 IF 신호 발생	36
로직 시그널 소스	37
로직 시그널 소스의 유형	37
PPG(펄스 패턴 발생기)	37
DTG(데이터 타이밍 발생기)	37
로직 시그널 소스의 시스템 및 컨트롤	42
성능 용어 및 고려 사항	43
데이터 전송률	43
패턴 심도	43
수직(진폭) 분해능	43
수평(시간) 분해능	43
출력 채널	44
시퀀싱	44
통합 편집기	44
데이터 가져오기 기능	44
로직 시그널 소스를 사용한 파형 생성	45
결론	46
용어집	47

완전한 측정 시스템

전자 계측 작업을 할 때 가장 먼저 떠올리게 되는 것은 아마도 획득 장비(일반적으로 오실로스코프 또는 로직 애널라이저)일 것입니다. 하지만 이러한 툴들은 어떤 종류의 신호를 획득할 수 있을 때에만 측정이 가능합니다. 신호가 외부에서 제공되지 않는 한 측정할 수 있는 신호가 존재하지 않는 경우도 많습니다.

예를 들어, 스트레인 게이지 증폭기는 신호를 만들어내지 않으며 단순히 센서에서 수신하는 신호의 전력을 높여줄 뿐입니다. 마찬가지로 디지털 어드레스 버스상의 멀티플렉서도 신호를 생성하지 않으며, 카운터, 레지스터 및 기타 요소로부터 시그널 트래픽을 전달합니다. 하지만 결국은 증폭기나 멀티플렉서를 피드 회로에 연결하기 전에 테스트하는 것이 필요합니다. 해당 장치의 동작을 측정할 수 있는 획득 장비를 사용하려면 입력 측에 자극 신호를 공급해야 합니다.

또 다른 예를 들자면, 새로운 하드웨어가 전체 작동 범위 및 그 이상에서 설계 사양을 만족하는지 확인하려면 새로운 설계의 특성을 분석해야 합니다. 이를 마진 테스트 또는 한계 테스트라고 부르며, 측정을 실행할 뿐만 아니라 신호를 생성하는 완전한 솔루션이 필요한 측정 작업입니다. 디지털 설계 특성 분석용 툴 셋트는 아날로그/혼합 신호 설계용 솔루션과는 다르지만 두 가지 모두 자극 장비와 획득 장비를 포함해야 합니다.

신호 발생기 또는 시그널 소스는 획득 장비와 쌍을 이루어 완전한 측정 솔루션에서 두 요소를 생성하는 자극 소스입니다. 두 가지 툴은 그림 1에 나온 것처럼 DUT(테스트 대상 장치)의 입력 및 출력 단자 옆에 배치됩니다. 신호 발생기는 다양한 구성을 통해 아날로그 파형, 디지털 데이터 패턴, 변조, 의도적인 왜곡 등의 형태로 자극 신호를 제공할 수 있습니다. 설계, 특성 분석 또는 문제 해결 측정 등을 효율적으로 처리하려면 솔루션의 두 요소를 모두 고려하는 것이 중요합니다.

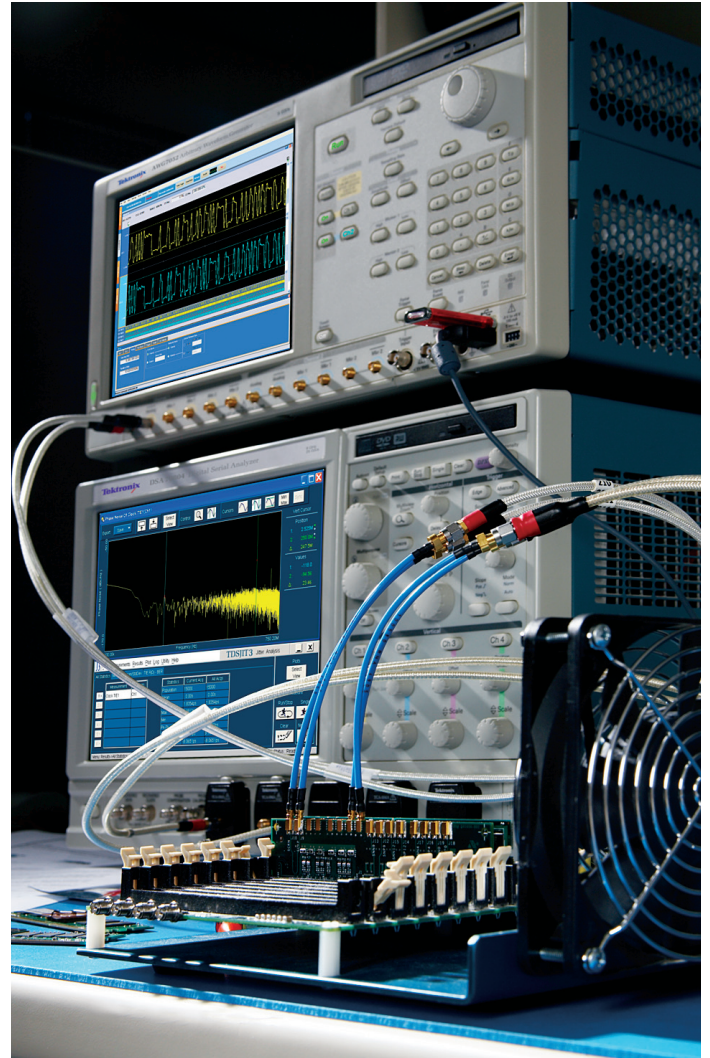


그림 1. 대부분의 측정 작업에는 신호 발생기와 획득 장비가 한 쌍으로 이루어진 솔루션이 필요합니다. 또한 트리거 연결을 통해 DUT 출력 신호 캡처를 간소화할 수 있습니다.

이 문서에서는 신호 발생기, 전체 측정 솔루션에 기여하는 효과 및 그 용도에 대해 설명합니다. 다양한 유형의 신호 발생기와 해당 기능에 대한 이해는 연구자, 엔지니어 또는 기술자의 업무에 필수적입니다. 적절한 툴을 선택하면 작업이 훨씬 쉬워지며 신뢰성 높은 결과를 빠르게 산출할 수 있습니다.

본 입문서를 숙독하면 다음과 같은 작업을 수행할 수 있습니다.

- 신호 발생기의 작동 원리 설명
- 전기 파형의 종류 설명
- 혼합 신호 발생기와 조직 신호 발생기 사이의 차이 설명
- 신호 발생기의 기본적인 조작법 이해
- 간단한 파형 생성

추가적인 지원이 필요하거나 본 입문서에 수록된 자료에 대한 의견 또는 질문이 있을 경우 한국 텍트로닉스에 문의하거나 www.tektronix.co.kr/signal_generators 사이트를 참조하십시오.

신호 발생기

신호 발생기는 이름 그대로 전자 계측에 자극제로 사용되는 신호를 발생시키는 장치입니다. 대부분의 회로에는 시간에 따라 진폭이 변하는 일종의 입력 신호가 필요합니다. 신호는 트루 바이폴라 AC¹ 신호(피크가 접지 기준점 위와 아래로 진동)이거나, DC 오프셋 전압 범위 내에서 +측 또는 -측으로 변화할 수 있습니다. 사인파 또는 기타 아날로그 함수, 디지털 펄스, 2진수 패턴 또는 순수한 임의 파형일 수도 있습니다.

신호 발생기는 “이상적인” 파형을 제공하거나, 알려진 반복 가능한 양과 유형의 왜곡(또는 오류)을 공급하는 신호에 추가할 수도 있습니다. 그림 2와 같은 특성은 신호 발생기의 가장 큰 장점 중 하나인데, 회로 자체만 사용해서는 필요한 시기와 장소에 정확히 예측 가능한 왜곡을 만들어내는 것이 대개 불가능하기 때문입니다. 이와 같이 왜곡된 신호가 존재할 때 DUT의 반응을 살펴보면 정상적인 성능 엔벨로프 이외에 해당하는 스트레스를 처리하는 역량을 확인할 수 있습니다.

¹ 일반적으로 “AC”란 용어는 0볼트(접지) 레퍼런스를 중심으로 양과 음의 방향으로 변화하며, 사이클마다 전류 흐름의 방향이 바뀌는 신호를 나타냅니다. 하지만 이번 논의에 한하여 AC를 접지와와의 관계에 상관 없이 변화하는 모든 신호라고 정의합니다. 예를 들어, +1V와 +3V 사이로 진동하는 신호의 경우 항상 동일한 방향에서 전류를 끌어오지만 AC 파형으로 해석합니다. 대부분의 신호 발생기는 접지 중심(트루 AC) 또는 오프셋 파형을 만들 수 있습니다.

아날로그 또는 디지털

오늘날 대부분의 신호 발생기는 디지털 기술을 기반으로 합니다. 대부분 아날로그와 디지털 요구 사항을 모두 충족할 수 있지만, 가장 효율적인 솔루션은 아날로그나 디지털에 상관 없이 일반적으로 당면한 애플리케이션에 최적화된 기능을 갖춘 소스라고 할 수 있습니다.

AWG(임의 파형 발생기)와 함수 발생기는 주로 아날로그 및 혼합 신호 애플리케이션에 사용됩니다. 이러한 장비는 샘플링 기법을 사용하여 상상 가능한 거의 모든 형태의 파형을 만들거나 수정할 수 있으며, 일반적으로 1 ~ 4개의 출력을 제공합니다. 일부 AWG의 경우 이러한 기본 아날로그 샘플 출력 이외에 별도의 마커 출력(외부 장비의 트리거링 보조용)과 샘플별 데이터를 디지털 형태로 제공하는 동기 디지털 출력이 추가되어 있습니다.

디지털 파형 발생기(로직 소스)에는 두 가지 종류의 장비가 포함됩니다. 펄스 발생기는 대개 아주 높은 주파수에서 소수의 출력으로부터 사각파 또는 펄스의 스트림을 구동합니다. 이러한 툴은 고속 디지털 장비의 실험에 가장 널리 사용됩니다. 패턴 발생기는 데이터 발생기 또는 데이터 타이밍 발생기라고도 불리며, 일반적으로 컴퓨터 버스, 디지털 통신 소자 등을 위한 자극 신호로 8, 16 또는 그 이상의 동기화 디지털 펄스 스트림을 제공합니다.

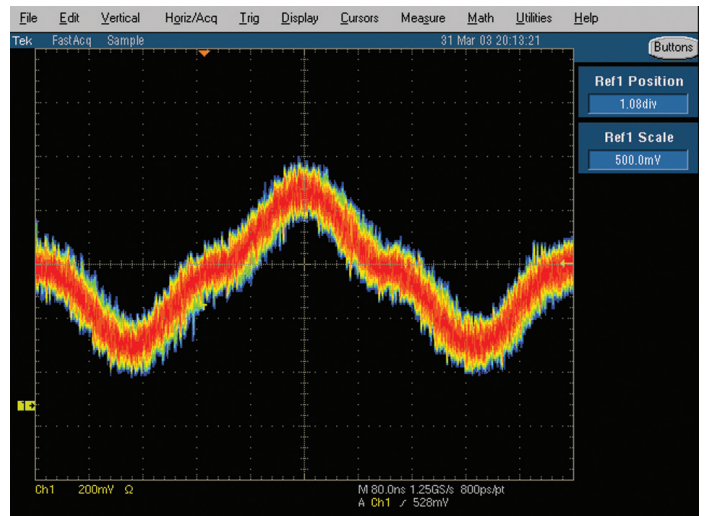
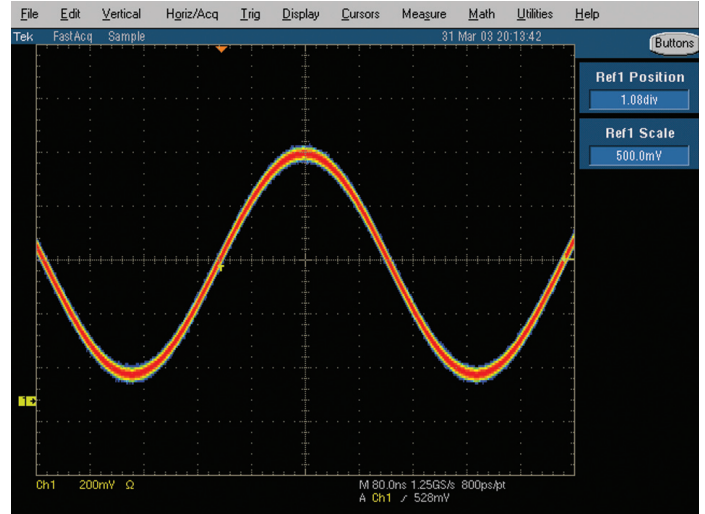


그림 2. (위) 이상적인 파형, (아래) "실제" 파형. 다기능 신호 발생기는 장치의 스트레스 테스트와 특성 분석용으로 통제된 왜곡과 수차를 만들어 낼 수 있습니다.

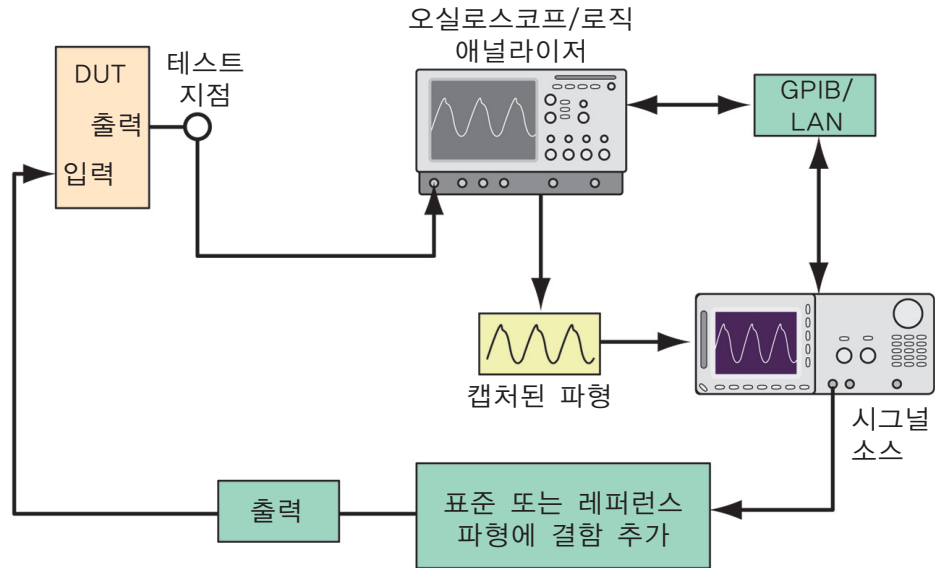


그림 3. 신호 발생기는 표준 파형, 사용자 생성 파형 또는 캡처된 파형을 사용하여 특정 테스트 애플리케이션에 필요한 부분에 결함을 추가합니다.

신호 발생기의 기본적인 적용 분야

신호 발생기는 수백 가지 분야에 적용이 가능하지만 전자 계측과 관련해서는 검증, 특성 분석, 스트레스/마진 테스트의 세 가지 기본적인 범주로 분류할 수 있습니다. 몇 가지 대표적인 적용 분야는 다음과 같습니다.

검증

디지털 모듈형 트랜스미터 및 리시버 테스트

새로운 트랜스미터 및 리시버 하드웨어를 개발하는 무선 장비 설계자가 최신 및 독점 무선 표준에 대한 적합성을 검증하려면 베이스밴드 I&Q 신호를 결함 없이 또는 결함을 포함하여 시뮬레이션할 수 있어야 합니다. 일부 고성능 임의 파형 발생기는 “I” 위상용으로 하나, “Q” 위상용으로 하나, 이렇게 두 가지 독립적인 채널에서 최대 1Gbps(초당 기가비트)의 속도로 필요한 저왜곡, 고해상도 신호를 제공할 수 있습니다.

경우에 따라 리시버를 테스트하는 데 실제 RF 신호가 필요할 수 있습니다. 이 경우 샘플링 속도가 최대 200S/s인 임의 파형 발생기를 사용하여 RF 신호를 직접 합성할 수 있습니다.

특성 분석

D/A 및 A/D 컨버터 테스트

새로 개발된 DAC(디지털-아날로그 컨버터) 및 ADC(아날로그-디지털 컨버터)는 철저한 테스트를 통해 선형성, 단조성(monotonicity) 및 왜곡의 한계를 판정해야 합니다.

첨단 AWG는 동시 등위상(in-phase) 아날로그 및 디지털 신호를 생성하여 해당 장치를 최대 1Gbps의 속도로 구동할 수 있습니다.

스트레스/마진 테스트

통신 리시버 스트레스

직렬 데이터 스트림 아키텍처(디지털 통신 버스 및 디스크 드라이브 증폭기에 흔히 사용됨)를 다루는 엔지니어라면 특히 지터 및 타이밍 위반과 같은 결함으로 장치에 스트레스를 가해야 합니다. 첨단 신호 발생기는 효율적인 내장 지터 편집 및 발생 툴로 엔지니어의 막대한 계산 시간을 절감할 수 있습니다. 해당 장비는 주요 신호 에지를 최소 200fs(0.2ps) 단위로 이동할 수 있습니다.

신호 발생 기법

신호 발생기로 파형을 만드는 데에는 몇 가지 방법이 있습니다. 방법은 DUT에 대해 얻을 수 있는 정보와 왜곡 또는 오류 신호 및 기타 변수를 추가해야 할 필요성이 있는지를 규정하는 입력 요구조건에 따라 선택됩니다. 최신 고성능 신호 발생기는 최소한 다음과 같은 3가지의 파형 발생 방법을 제공합니다.

- **생성:** 회로 자극 및 테스트용의 새로운 신호
- **복제:** 실제 얻을 수 없는 신호 합성
(오실로스코프 또는 로직 애널라이저에서 캡처)
- **발생:** 특정 허용 오차의 업계 표준에 따른 이상적 또는 스트레스 상태의 레퍼런스 신호

파형의 이해

파형의 특성

“파동”이란 용어는 일정한 시간 간격에 걸쳐 반복되는 다양한 정량적 값의 패턴으로 정의할 수 있습니다. 파동은 음파, 뇌파, 파도, 광파, 전압파 등과 같이 자연에서 흔히 볼 수 있으며, 이는 모두 주기적으로 반복되는 현상입니다. 신호 발생기는 일반적으로 통제 가능한 방식으로 반복되는 전기(일반적으로 전압) 파동을 만들어내는 장비입니다.

각각의 완전한 파동 반복을 “사이클”이라고 하며, 파동의 활동 즉, 시간에 따른 변화를 그래픽으로 표시한 것을 파형이라고 합니다. 전압 파형은 가로축에 시간, 세로축에 전압이 표시되는 전형적인 데카르트 그래프입니다. 참고로 일부 계측기는 전류 파형, 전력 파형 또는 기타 파형을 캡처 또는 생성할 수 있습니다. 이 문서에서는 일반적인 전압 대 시간의 파형에 중점을 둘 것입니다.

진폭, 주파수 및 위상

파형은 다양한 특성을 가지고 있지만 핵심적인 특성은 진폭, 주파수 및 위상과 관련이 있습니다.

- **진폭:** 파형의 전압 “세기”를 나타내는 척도이며, AC 신호에서 진폭은 계속 변화합니다. 신호 발생기를 사용하면 전압 범위를 예를 들어 -3에서 +3V로 설정할 수 있습니다. 그러면 두 전압 값 사이에서 변동하는 신호가 생성되며, 변화 속도는 파동의 형태와 주파수에 따라 결정됩니다.
- **주파수:** 전체 파형 사이클이 일어나는 속도로, 이전에 초당 사이클이라고 칭하던 헤르츠(Hz) 단위로 측정됩니다. 주파수는 인접한 파동의 두 유사 피크 사이의 거리 척도인 파형의 사이클(또는 파장)과 역관계에 있습니다. 주파수가 높을수록 사이클은 짧아집니다.
- **위상:** 이론적으로는 0도 지점에 대한 파형 사이클의 위치이며, 실질적으로는 레퍼런스 파형 또는 시점에 대한 사이클의 시간 위치를 의미합니다.

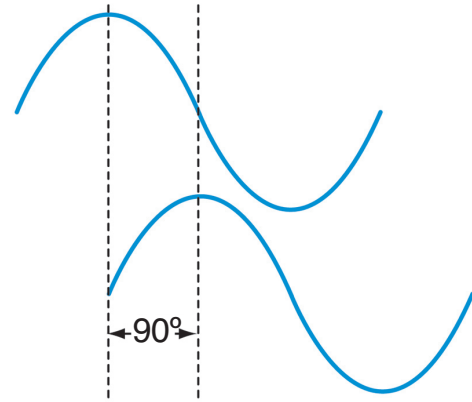


그림 4. 위상 변화(다른 명칭: 지연)는 두 신호 사이의 타이밍 차이를 나타냅니다. 위상은 일반적으로 표시된 것처럼 각도로 표시되지만, 상황에 따라 시간 값이 더 적절할 수도 있습니다.

위상은 사인파에서 가장 잘 설명됩니다. 사인파의 전압 레벨은 원형 운동과 수학적으로 관련이 있습니다. 완전한 사이클과 마찬가지로 사인파의 한 사이클은 360도를 이동합니다. 사인파의 위상각은 사이클이 어느 정도 경과했는지를 나타냅니다.

두 파형이 동일한 주파수와 진폭을 가지면서 위상은 다를 수 있습니다. 위상 변화(다른 명칭: 지연)는 그림 4에 나온 것처럼 유사한 두 신호 간의 타이밍 차이를 의미합니다. 위상 변화는 전자 공학에서 흔한 현상입니다.

파형의 진폭, 주파수, 위상 특성은 신호 발생기에서 거의 모든 용도로 파형을 최적화하는 데 사용되는 기초 요소입니다. 더불어, 신호를 심층적으로 정의할 수 있는 다른 파라미터도 있으며, 그러한 파라미터도 다수의 신호 발생기에서 통제 변수로 구현되고 있습니다.

상승 및 하강 시간

에지 트랜지션 시간은 다른 용어로 상승 및 하강 시간이라고도 하며, 일반적으로 펄스 및 사각파에 기인하는 특성입니다. 상승 및 하강 시간은 신호 에지가 한 상태에서 다른 상태로 전환되는 데 걸리는 시간의 척도입니다. 이러한 값은 최신 디지털 회로에서 일반적으로 미세한 나노초 이하의 범위입니다.

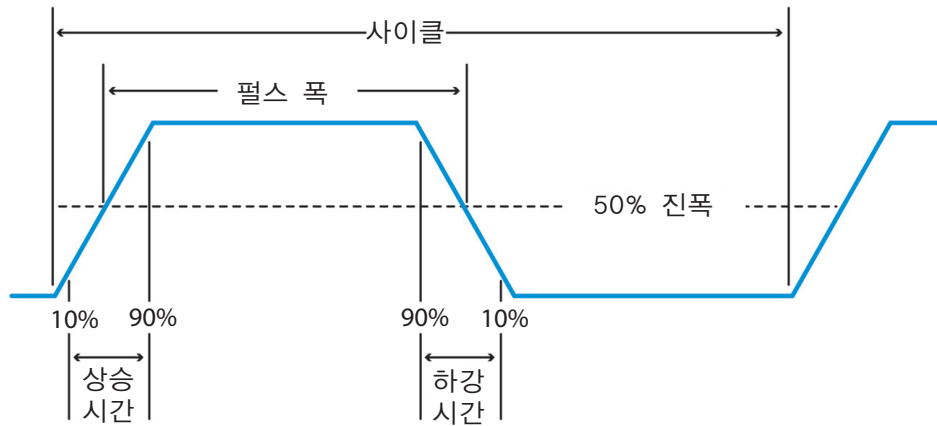


그림 5. 기본적인 펄스 특성

상승 및 하강 시간은 각각 트랜지션 이전과 이후에 고정 전압 수준의 10 ~ 90% 지점 사이에서 측정됩니다(경우에 따라 20 ~ 80% 지점이 대안으로 사용됨). 그림 5에 펄스 및 그와 관련된 일부 특성이 나와 있습니다. 이 그림은 입력 신호의 주파수에 대해 샘플링 속도가 높게 설정된 오실로스코프에서 볼 수 있는 유형의 이미지입니다. 낮은 샘플링 속도에서는 같은 이 파형이 훨씬 더 “각지게” 보입니다.

경우에 따라 생성된 펄스의 상승 및 하강 시간을 개별적으로 변화시켜야 할 수도 있는데, 예를 들어 발생된 펄스를 사용하여 슬루 레이트가 비대칭인 증폭기를 측정하거나 또는 레이저 스폿 용접기의 냉각 시간을 제어하는 경우입니다.

펄스 폭

펄스 폭이란 펄스의 리딩 에지와 트레일링 에지 사이에 경과되는 시간을 의미합니다. 참고로 “리딩”이란 용어는 양의 방향 또는 음의 방향으로 진행되는 에지에 모두 적용되며, “트레일링”도 마찬가지로입니다. 달리 말하자면, 이 용어들은 일정한 사이클 동안 이벤트가 일어나는 순서를 나타내며, 펄스의 극성은 리딩 에지든 트레일링 에지든 그 상태에 영향을 주지 않습니다. 그림 5에서는 양의 방향으로 진행되는 에지가 리딩 에지입니다. 펄스 폭 측정은 각 에지의 50% 진폭 지점 사이의 시간으로 표현됩니다.

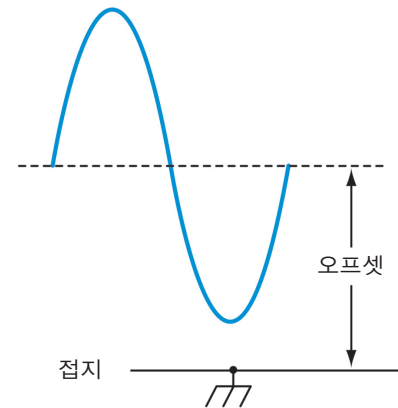


그림 6. 오프셋 전압은 AC 및 DC 값을 모두 가지고 있는 신호의 DC 성분을 나타냅니다.

펄스의 고차 및 저차(온/오프) 시간 간격을 설명하는 데에는 “듀티 사이클”이란 또 다른 용어가 사용됩니다. 그림 5에 나온 예는 50% 듀티 사이클을 나타냅니다. 반면, 100ns의 주기를 갖고 활성 고차(온) 레벨이 60ns 동안 지속되는 사이클의 경우 60% 듀티 사이클이라고 칭합니다.

듀티 사이클을 더 확실하게 설명하는 예로, 모터의 과열을 방지하기 위해 매번 1초간 폭발적으로 작동한 후에 3초 동안 쉬어야 하는 작동기를 상상해 보십시오.

작동기는 4초마다 3초 동안 쉬므로 25%의 듀티 사이클을 가지게 됩니다.

오프셋

모든 신호가 접지(0V) 레퍼런스를 중심으로 진폭이 변화하는 것은 아닙니다. “오프셋” 전압이란 회로 접지와 신호 진폭 중심 사이의 전압을 의미합니다. 사실상 오프셋 전압은 그림 6에 나온 것처럼 AC 및 DC 값을 모두 가진 신호의 DC 성분을 나타냅니다.

차동 신호 대 싱글-엔드 신호

차동 신호는 동일한 신호의 사본을 동등 및 반대 극성(접지에 대해)으로 전달하는 2개의 상보 경로를 사용하는 신호입니다. 신호의 사이클이 진행되고 한 경로가 더 +측에 가까워지면 다른 신호는 같은 수준으로 -측에 더 가까워집니다. 예를 들어, 신호 값이 일정 순간에 한 경로에서 +1.5V였다면, 다른 경로의 값은 정확히 -1.5V가 됩니다(두 신호가 완벽하게 등위상 상태라고 가정할 경우). 차동 아키텍처는 크로스톡(crosstalk) 및 노이즈를 제거하고 유효한 신호만 통과시키는 데 유용합니다.

싱글-엔드 작동은 그라운드에 하나의 경로만 추가되는 것으로, 더 흔하게 사용되는 아키텍처입니다. 그림 7에 싱글-엔드 방식과 차동 방식이 나와 있습니다.

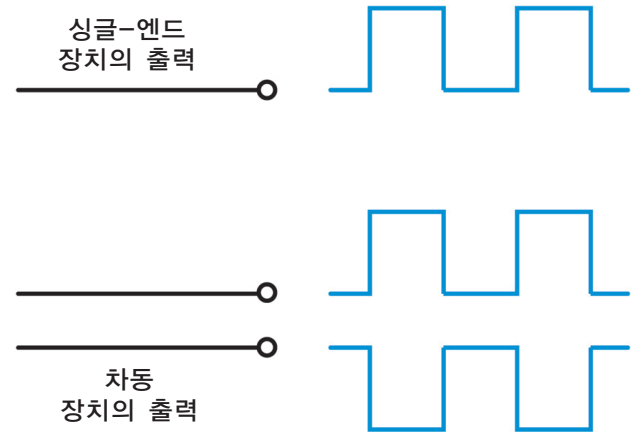


그림 7. 싱글-엔드 및 차동 신호

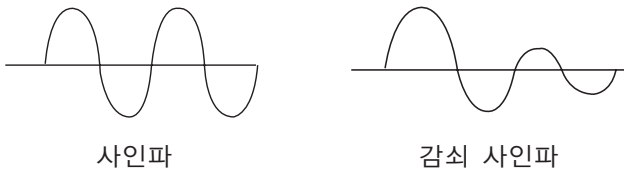


그림 8. 사인파 및 감쇠 사인파

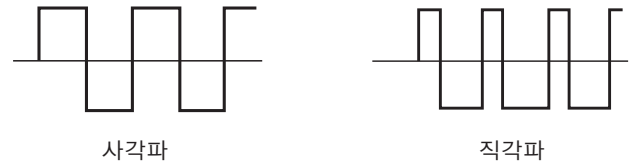


그림 9. 사각파 및 직각파

기본 파동

파형은 다양한 모양과 형식으로 존재합니다. 대부분의 전자 계측에는 다음 중 하나 이상의 파동 형태가 사용되며, 대개 노이즈 또는 왜곡이 추가됩니다.

- 사인파
- 사각파 및 직각파
- 톱니파 및 삼각파
- 스텝 및 펄스 형태
- 복합파

사인파

사인파는 아마도 가장 널리 알려진 파동 형태일 것입니다. 대부분의 AC 전원은 사인파를 만들어냅니다. 가정의 벽 콘센트는 사인파의 형태로 전력을 공급합니다. 또한 사인파는 초등학교 교실에서 전기 및 전자 원리를 설명할 때 거의 항상 사용됩니다. 사인파는 기본적인 수학 함수의 산물이며, 360도에 걸쳐 사인 곡선을 그래프로 나타내면 완전한 사인파 이미지가 만들어집니다.

감쇠 사인파는 회로가 임펄스로부터 진동하는 특별한 경우이며, 시간이 지나면서 사라집니다.

그림 8에 사인파와 감쇠 사인파에서 파생된 신호의 예가 나와 있습니다.

사각파 및 직각파

사각파와 직각파는 모든 디지털 전자공학의 핵심이라고 할 수 있는 기본적인 형태이며, 다른 용도로도 사용됩니다. 사각파는 두 고정 전압 레벨 사이에서 동일한 간격으로 전환되는 전압입니다. 사각파는 두 전압 레벨(앞서 설명한 상승 및 하강 시간) 사이에서 빠른 트랜지션을 재현할 수 있어야 하는 테스트 증폭기에 흔히 사용됩니다. 사각파는 컴퓨터, 무선 통신 장비, HDTV 시스템 등과 같은 디지털 시스템에 이상적인 계시 클럭으로 활용됩니다.

직각파는 앞서 “듀티 사이클” 부분에서 설명한 바와 같이 고정 시간의 간격이 동일한 길이가 아니라는 점을 제외하면 사각파와 유사한 전환 특성을 가집니다. 그림 9에 사각파와 직각파의 예가 나와 있습니다.

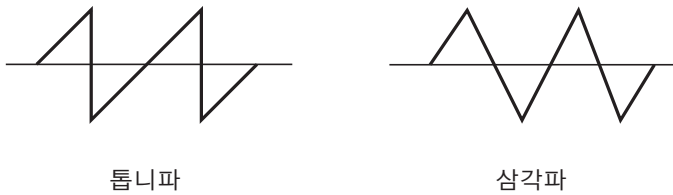


그림 10. 톱니파 및 삼각파

톱니파 및 삼각파

톱니파와 삼각파는 각각의 이름과 매우 유사한 기하학적 형태를 가집니다. 톱니파는 사이클마다 피크까지 느리고 고르게 상승하다가 급속히 하강합니다. 삼각파는 더 대칭에 가까운 상승 및 하강 시간을 가진 파형입니다. 이 두 파형은 흔히 아날로그 오실로스코프 및 TV와 같은 시스템에서 기타 전압을 제어하는 데 사용됩니다. 그림 10에 톱니파와 삼각파의 예가 나와 있습니다.

스텝 및 펄스 형태

“스텝”이란 간단히 말해 전원 스위치를 켤 때와 같이 전압이 급격히 변화하는 파형을 의미합니다.

“펄스”는 직각파와 관련이 있습니다. 펄스는 직각파와 마찬가지로 두 고정 전압 레벨 사이에서 상승 후 하강 스위칭 또는 하강 후 상승 스위칭을 통해 생성됩니다. 펄스는 본질적으로 2진수 형태이므로

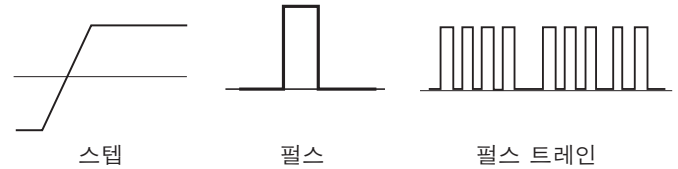


그림 11. 스텝, 펄스, 펄스 트레인 형태

디지털 시스템에서 정보(데이터)를 전달하는 기본적인 툴입니다. 하나의 펄스로 컴퓨터를 통해 이동하는 1비트의 정보를 나타낼 수 있습니다. 일련의 펄스가 함께 이동하는 현상을 펄스 트레인이라 부릅니다. 동기화된 펄스 트레인의 그룹(병렬 또는 직렬의 형태로 전송될 수 있음)이 디지털 패턴을 이루게 됩니다. 그림 11에 스텝 및 펄스 형태와 펄스 트레인의 예가 나와 있습니다.

참고로 디지털 데이터는 명목상 펄스, 직각파, 사각파로 이루어지지만, 실제 디지털 파형은 더 둥근 모서리와 경사진 에지를 보입니다.

경우에 따라 회로 이상 현상으로 펄스가 자연적으로 발생할 수 있습니다. 일반적으로 이러한 이상신호는 비주기적으로 발생하며, “글리치”라는 용어로 설명됩니다. 디지털 문제 해결의 과제 중 하나는 유효하지만 폭이 좁은 데이터 펄스에서 글리치 펄스를 구분해내는 것입니다. 또한 특정 유형의 신호 발생기가 가진 장점 중 하나는 펄스 트레인 어디서나 글리치를 추가할 수 있는 기능입니다.

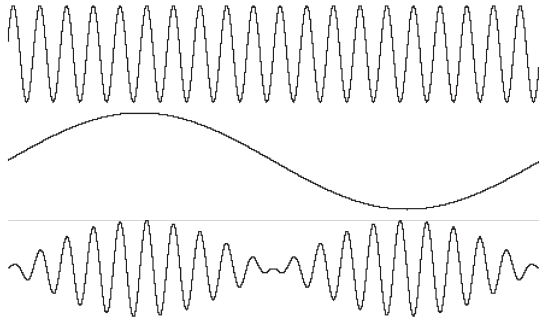


그림 12. 진폭 변조

복합파

작동 중인 전자 시스템에서 파형이 위에서 설명한 교과서적 예처럼 나타나는 경우는 드뭅니다. 일부 클럭 및 캐리어 신호는 순수하지만, 대부분의 다른 파형은 일정 수준의 의도하지 않은 왜곡(분산된 정전 용량, 크로스톡 등과 같은 실제 회로의 부산물) 또는 의도적인 변조를 보이게 됩니다. 일부 파형에는 사인파, 직각파, 스텝 및 펄스 성분이 포함될 수도 있습니다.

복합파의 종류

- 아날로그 변조, 디지털 변조, 펄스 폭 변조, 직교 변조 신호
- 디지털 패턴 및 형식
- 의사 무작위 비트 및 워드 스트림

신호 변조

변조된 신호에서 진폭, 위상 및/또는 주파수 변화는 높은 주파수의 캐리어 신호에 낮은 주파수의 정보를 포함시킵니다. 결과 신호는 음성에서 데이터, 비디오에 이르는 모든 것을 전달합니다. 신호 발생기가 특별히 해당 기능을 갖추지 않았다면 파형을 재현하기가 어려울 수 있습니다.

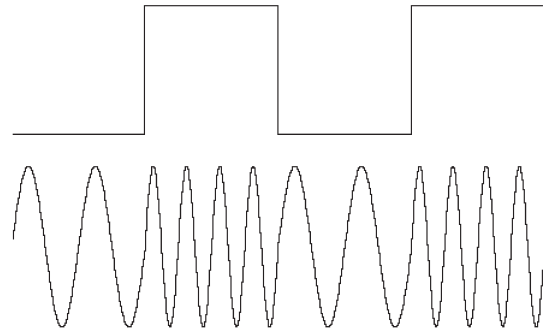


그림 13. FSK(주파수 변화 키잉) 변조

아날로그 변조: 진폭 변조(AM) 및 주파수 변조(FM)는 방송 통신에서 가장 널리 사용됩니다. 변조 신호는 캐리어의 진폭 및/또는 주파수를 변화시킵니다. 수신 측에서는 복조 회로가 진폭 및/또는 주파수 변화를 해석하고 캐리어 신호에서 콘텐츠를 추출합니다.

위상 변조(PM)는 캐리어 파형의 주파수가 아닌 위상을 변조하여 콘텐츠를 포함하는 방식입니다. 그림 12에는 아날로그 변조의 예가 나와 있습니다.

디지털 변조: 디지털 변조는 다른 디지털 기술과 마찬가지로 신호를 통해 2진수 데이터를 표현할 수 있는 두 가지 상태를 기준으로 합니다. 디지털 변조 신호는 ASK(진폭 변화 키잉)에서 출력 주파수가 두 진폭 사이를 전환하고, FSK(주파수 변화 키잉)에서 캐리어가 두 주파수(중심 주파수 및 오프셋 주파수) 사이를 전환하며, PSK(위상 변화 키잉)에서 캐리어가 두 위상 설정 사이를 전환하도록 합니다. PSK에서 “0”은 이전 신호와 동일한 위상의 신호를 보내는 방법으로, “1” 비트는 반대 위상의 신호를 보내는 방법으로 표현됩니다.

PWM(펄스 폭 변조)도 흔히 사용되는 디지털 형식 중의 하나로, 주로 디지털 오디오 시스템에 사용됩니다. PWM은 그 이름이 암시하는 것처럼 펄스 파형에만 적용 가능합니다. PWM에서는 변조 신호로 인해 펄스의 활성 펄스 폭(듀티 사이클, 앞서 설명)이 달라집니다.

그림 13에 디지털 변조의 예가 나와 있습니다.

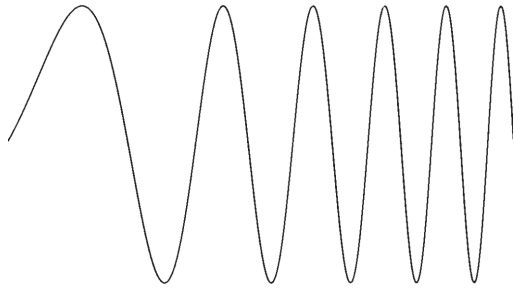


그림 14. 사인파의 주파수 스위프

주파수 스위프

전자 장치의 주파수 특성을 측정하려면 일정한 시간 동안 주파수가 변화하는 “스윙프” 사인파가 필요합니다. 주파수 변화는 “초당 Hz” 단위의 선형으로, 또는 “초당 옥타브” 단위의 로그 형태로 일어납니다. 첨단 스위프 발생기는 선택 가능한 시작 주파수, 고정 주파수, 정지 주파수 및 관련 시간을 포함한 스위프 시퀀스를 지원합니다. 또한 신호 발생기는 장치의 출력 반응을 측정하는 오실로스코프를 제어할 수 있도록 스위프와 동기화된 트리거 신호를 제공합니다.

직교 변조: 현재의 디지털 무선 통신 네트워크는 직교(IQ) 변조 기술을 토대로 구축되었습니다. 등위상(I) 파형과 “I” 파형에 대해 정확히 90도 지연되는 직교 위상(Q) 파형의 두 캐리어가 변조되어 4가지 상태의 정보를 만들어냅니다. 2개의 캐리어는 결합되어 한 채널로 전송되며, 수신 측에서 분리 및 복조됩니다. IQ 형식은 다른 아날로그 및 디지털 변조보다 훨씬 많은 정보를 제공하며, 시스템의 유효 대역폭을 늘려줍니다. 그림 15에 직교 변조의 예가 나와 있습니다.

디지털 패턴 및 형식

디지털 패턴은 8, 12, 16 또는 그 이상의 비트 폭이 될 수 있는 데이터의 “워드”를 구성하는 복수의 동기화된 펄스 스트림으로 이루어 집니다. 신호 발생기의 한 종류인 디지털 패턴 발생기는 전문적으로 병렬 출력을 통해 데이터 워드를 디지털 버스 및 프로세서로 전달하는 장비입니다. 이러한 패턴의 워드는 규칙적인 주기의 행진 형태로 전송되며, 각 사이클 내 각 비트의 활동은 선택한 신호 형식에 따라 결정됩니다. 형식은 데이터 스트림을 구성하는 사이클 내의 펄스 폭에 영향을 줍니다.

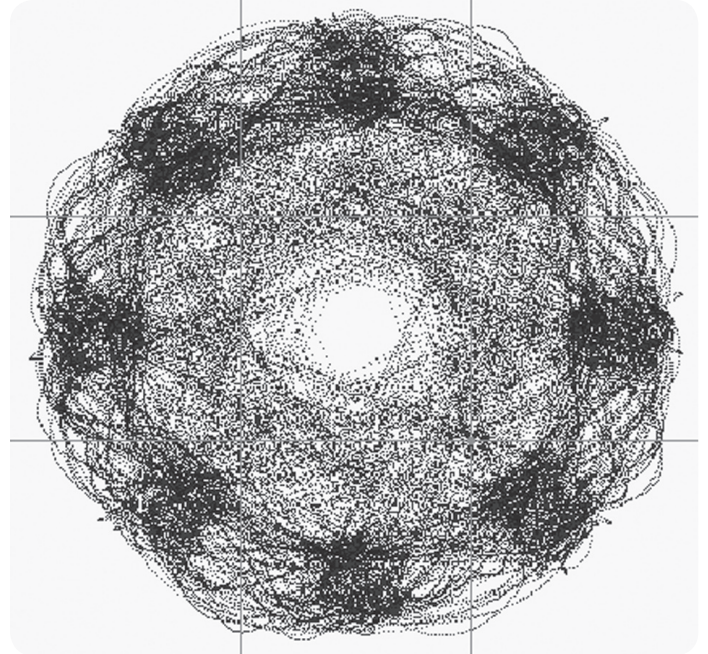


그림 15. 직교 변조

아래 목록에는 가장 흔한 신호 형식이 요약되어 있습니다. 처음 세 형식에 대한 설명에서는 사이클이 2진수 “0” 값 즉, 낮은 로직 전압 레벨로 시작되는 것으로 가정합니다.

- **NRZ(Non-Return-to-Zero):** 사이클 내에 유효한 비트가 발생하면 파형이 “1”로 전환되며 다음 사이클 경계까지 그 값이 유지됩니다.
- **DNRZ(Delayed Non-Return-to-Zero):** 파형이 지정된 지연 시간 이후에 “1”로 전환된다는 점을 제외하면 NRZ와 유사합니다.
- **RZ(Return-to-Zero):** 유효한 비트가 존재할 경우 파형이 “1”로 전환된 다음 같은 사이클 내에서 다시 “0”으로 전환됩니다.
- **R1(Return-to-One):** 사실상 RZ의 반대입니다. 이 목록의 다른 형식과 달리, R1은 사이클이 “1”로 시작되고, 비트가 유효할 경우 “1”으로 전환된 다음, 사이클이 종료되기 전에 다시 “1”로 전환되는 것으로 가정한 형식입니다.

비트 스트림

디지털 컴퓨터의 본질적인 한계 즉, 진정한 무작위 숫자를 만들 수 없다는 점을 보완하기 위해 PRBS(의사 무작위 비트 스트림) 및 PRWS(의사 무작위 워드 스트림)가 존재합니다. 무작위 이벤트도 디지털 시스템에서 유익하게 활용될 수 있습니다. 예를 들어, 완벽하게 “깨끗한” 디지털 비디오 신호에도 바람직하지 않은 들쭉날쭉한 선과 부드러워야 할 표면에 눈에 띄는 윤곽선이 있을 수 있습니다. 통제된 양의 노이즈를 추가하면 기반 정보의 손상 없이 이러한 결점을 눈에 띄지 않도록 숨길 수 있습니다.

디지털 시스템은 무작위 노이즈를 만들기 위해 숫자가 예측 가능한 수학적 패턴을 따르더라도 무작위성의 효과를 가질 수 있는 숫자 스트림을 만듭니다. 이러한 “의사 무작위” 숫자는 실제로 무작위 비율로 반복되는 시퀀스의 집합입니다. 그 결과가 PRBS입니다. 의사 무작위 워드 스트림은 신호 발생기의 병렬 출력 전반에 얼마나 많은 PRBS 스트림이 존재하는지 정의하는 역할을 합니다.

PRWS는 흔히 시리얼라이저 또는 멀티플렉서를 테스트할 때 사용됩니다. 이러한 요소는 PRWS 신호를 의사 무작위 비트의 직렬 스트림으로 재조합 합니다.

신호 발생기의 유형

신호 발생기는 크게 혼합 신호 발생기(임의 파형 발생기 및 임의/함수 발생기)와 로직 소스(펄스 또는 패턴 발생기)로 나눌 수 있으며, 모든 범위의 신호 발생 요구를 포괄하는 장비입니다. 각 유형마다 고유의 강점이 있어 특정 용도에 더 적합하거나 그렇지 않기도 합니다.

혼합 신호 발생기는 아날로그 특성을 가진 파형을 출력하도록 고안되었습니다. 해당되는 파형은 사인파 및 삼각파와 같은 아날로그 파동부터 모든 실제 신호의 일부인 라운딩과 결함이 나타나는 “사각파”에 이르기까지 다양합니다. 다기능 혼합 신호 발생기의 경우 진폭, 주파수, 위상뿐 아니라 DC 오프셋과 상승 및 하강 시간까지 제어할 수 있으며, 오버슈트와 같은 수치를 만들 수 있고, 에지 지터, 변조 등을 추가할 수도 있습니다.

순수한 디지털 소스는 전적으로 디지털 시스템의 구동에 사용됩니다. 그 출력은 2진수 펄스 스트림이며, 디지털 전용 소스로는 사인파 또는 삼각파를 만들 수 없습니다. 디지털 소스의 기능은 컴퓨터 버스용 및 유사 용도에 최적화되어 있습니다. 디지털 소스의 기능에는 패턴 개발 시간을 단축하기 위한 소프트웨어 툴과 다양한 로직 제품군에 부합되도록 설계된 프로브와 같은 하드웨어 툴이 포함될 수 있습니다.

앞서 설명한 것처럼 함수 발생기에서 임의 소스, 패턴 발생기에 이르는 현재의 거의 모든 고성능 신호 발생기는 디지털 아키텍처를 기반으로 설계되어 유연한 프로그래밍 기능과 탁월한 정밀도를 제공합니다.

아날로그 및 혼합 신호 발생기

아날로그 및 혼합 신호 발생기의 유형

임의 발생기

이전까지 다양한 파형을 발생시키는 작업은 초고순도 오디오 사인파 발생기에서 수 GHz의 RF 신호 발생기에 이르는 각각의 전용 신호 발생기를 통해 이루어졌습니다. 수많은 상업용 솔루션이 존재하지만, 사용자가 당면한 프로젝트에 맞도록 신호 발생기를 맞춤 설계하거나 수정해야 하는 경우도 많이 있습니다. 계측기 품질의 신호 발생기를 설계하는 것은 매우 어려울 수 있으며, 당연히 보조적인 테스트 장비를 설계하는 데 소요되는 시간은 프로젝트 자체에 비용이 많이 드는 장애 요인으로 작용합니다.

다행히 디지털 샘플링 기술과 신호 처리 기술이 발전함에 따라 단 한 가지 유형의 계측기 즉, 임의 발생기만으로 거의 모든 종류의 신호 발생 요구에 대응하는 솔루션을 구축할 수 있게 되었습니다. 임의 발생기는 AFG(임의/함수 발생기)와 AWG(임의 파형 발생기)로 분류할 수 있습니다.

AFG(임의/함수 발생기)

AFG(임의/함수 발생기)는 광범위한 자극 요구에 대응하며, 실제로 오늘날 업계에서 지배적인 신호 발생기 아키텍처입니다. 일반적으로 AFG는 AWG보다 제공할 수 있는 파형 변화가 적지만, 주파수 변화에 대한 빠른 응답과 뛰어난 안정성을 보장합니다. DUT에 예를 들어 전형적인 사인파와 사각파가 필요하거나 두 주파수 사이에 거의 순간적인 전환 기능이 필요한 경우라면 AFG(임의/함수 발생기)가 최적의 톨입입니다. AFG의 또 다른 장점은 저렴한 가격으로, AWG의 다양한 기능이 필요하지 않은 경우에 특히 매력적인 선택이 됩니다.

AFG는 AWG와 많은 기능을 공유하되 더 전문화된 계측기로 설계되었습니다. AFG는 표준 형태, 특히 가장 중요한 사인파와 사각파에서 정밀하고 기민하게 안정적인 파형을 만들 수 있는 고유한 장점을 제공합니다. 기민성이란 한 주파수에서 다른 주파수로 빠르고 정확하게 변경할 수 있는 역량을 의미합니다.

대부분의 AFG는 다음과 같이 보편적인 파동 형태의 일부 조합을 제공합니다.

- 사인파
- 사각파
- 삼각파
- 스위프
- 펄스
- 램프
- 변조
- 하버사인(Haversine)

AWG도 물론 이와 같은 파형을 제공할 수 있지만, 최신 AFG는 출력 신호에 대해 더 뛰어난 위상, 주파수, 진폭 제어 기능을 제공하도록 설계되었습니다. 더구나 다수의 AFG는 일부 유형의 표준 적합성 테스트에 필수적인 내부 또는 외부 소스에서 얻은 신호를 변조하는 기능을 제공합니다.

과거에는 AFG에서 아날로그 오실레이터와 신호 조정을 사용하여 출력 신호를 만들어냈습니다. 최신 AFG는 DDS(Direct Digital Synthesis, 직접 디지털 합성) 기법을 사용하여 메모리에서 샘플을 추출할 클럭 속도를 결정합니다.

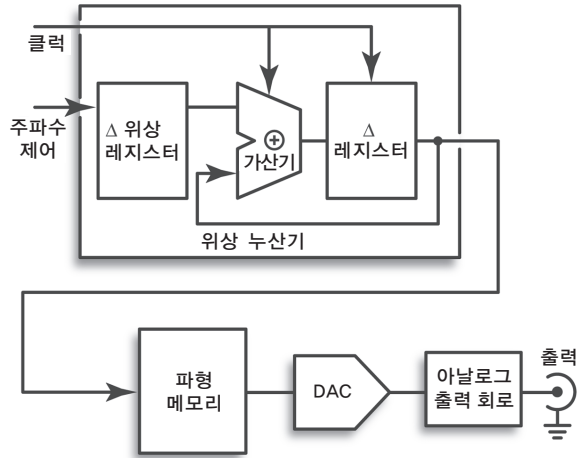


그림 16. 임의/함수 발생기의 아키텍처

DDS 기술은 단일 클럭 주파수를 사용하여 계측기의 범위 내에 속한 주파수를 산출하는 방법으로 파형을 합성합니다. 그림 16에 DDS 기반의 AFG 아키텍처가 간소화된 형태로 요약되어 있습니다.

위상 누산기 회로에서 델타(Δ) 위상 레지스터는 주파수 제어기로부터 명령을 받아 출력 신호가 각각의 연속적인 사이클로 진행할 수 있는 위상 증분을 표현합니다. 최신 고성능 AFG의 경우 위상 분해능이 최소 $1/2^{30}$ 즉, 약 $1/1,000,000,000$ 에 이를 수 있습니다.

위상 누산기의 출력은 AFG의 파형 메모리 부분에 사용되는 클럭 역할을 합니다. 이 계측기의 작동 방식은 AWG와 거의 동일하지만, 일반적으로 파형 메모리에 사인파 및 사각파와 같은 소수의 기본적인 신호만이 포함되어 있다는 점이 주목할 만한 예외 사항입니다. 아날로그 출력 회로는 기본적으로 프로그래밍된 관심 주파수만(클럭 결

함 없이) AFG 출력으로 나오도록 하는 고정 주파수 로우-패스 필터입니다.

위상 누산기가 어떻게 주파수를 만들어내는지 이해하려면 컨트롤러에서 30비트 Δ 위상 레지스터에 1의 값을 전송하는 경우를 상상해 보십시오. 계측기 출력 파형의 전체 사이클이 360도이므로 위상 누산기의 Δ 출력 레지스터는 각 사이클마다 $360 \div 2^{30}$ 만큼 진행됩니다.

따라서 Δ 위상 레지스터 값 1은 한 사이클을 완성하는 데 전체 2Δ 증분이 필요한 AFG 범위 내에서 가장 작은 주파수 파형을 만들어냅니다. 새로운 값이 Δ 위상 레지스터에 로드될 때까지 회로는 이 주파수로 유지됩니다.

1보다 큰 값은 360도를 더 빨리 통과하면서 더 높은 출력 주파수를 만들어냅니다(AFG에 따라 다른 방식이 사용되기도 합니다. 일부 샘플을 생략함으로써 출력 주파수를 높여 메모리 콘텐츠를 더 빨리 읽는 방법입니다). 유일하게 변경되는 것은 주파수 컨트롤러에서 제공되는 위상 값입니다. 기본 클럭 주파수는 변경할 필요가 전혀 없습니다. 또한 파형을 파형 사이클의 모든 지점에서 시작할 수 있습니다.



그림 17. (왼쪽) 사인파를 나타내는 일련의 샘플 포인트, (오른쪽) 재구성된 사인파

예를 들어, 사이클의 + 지향 부분 피크에서 시작되는 사인파를 만들어야 하는 경우를 가정해 보겠습니다. 기본적인 수학 원리로 보면 이 피크는 90도에서 발생합니다. 따라서,

$$2^{30} \text{ 증분} = 360_i \text{이며,}$$

$$90_i = 360_i \div 4 \text{이고,}$$

$$90_i = 230 \div 4$$

위상 누산기가 ($2^{30} \div 4$)와 동등한 값을 수신하는 경우 파형 메모리가 사인파의 + 피크 전압이 포함된 위치에서 시작하도록 유도됩니다.

대부분의 AFG는 메모리의 프로그래밍된 부분에 몇 가지 표준 파형이 저장되어 있습니다. 일반적으로 사인파와 사각파가 다수의 테스트 애플리케이션에 가장 널리 사용됩니다. 임의 파형은 메모리 중에서 사용자가 프로그래밍할 수 있는 부분에 저장됩니다. 파형은 일반 AWG와 동일한 유연성으로 정의 가능합니다. 하지만 DDS 아키텍처는 메모리 분할과 파형 시퀀싱을 지원하지 않습니다. 이와 같은 첨단 기능은 고성능 AWG에서만 제공됩니다.

DDS 아키텍처는 탁월한 주파수 기민성을 제공하며 주파수 및 위상 변경을 즉석에서 손쉽게 프로그래밍할 수 있으므로, 예를 들어 무선 및 위성 시스템 컴포넌트와 같은 모든 유형의 FM DUT 테스트에 유용합니다. 또한 특정 AFG의 주파수 범위가 충분하다면 GSM과 같은 주파수 호핑 전화 통신 기술 및 FSK에 대한 테스트에 이상적인 신호 발생기로 활용할 수 있습니다.

AFG는 상상 가능한 거의 모든 파형을 만들 수 있는 AWG의 기능에 대적할 수는 없지만, 전 세계의 연구실, 수리 시설, 설계 부서에서 가장 널리 사용되는 테스트 신호를 만들어냅니다. 더구나 뛰어난 주파수 기민성을 제공하며, 중요한 점은 AFG가 작업을 완수하는 데 보통 매우 비용 효율적인 방법이란 점입니다.

AWG(임의 파형 발생기)

디스크 드라이브 특성 분석을 위해 정밀한 로렌지안(Lorentzian) 펄스로 구성된 데이터 스트림이 필요한 경우든 GSM 또는 CDMA 기반의 전화 수화기 테스트를 위해 복합 변조 RF 신호가 필요한 경우든, AWG(임의 파형 발생기)는 상상 가능한 모든 파형을 만들 수 있습니다. 수학 공식에서 파형을 “그리는” 방법까지 다양한 방법을 사용하여 필요한 출력을 만들어낼 수 있습니다.

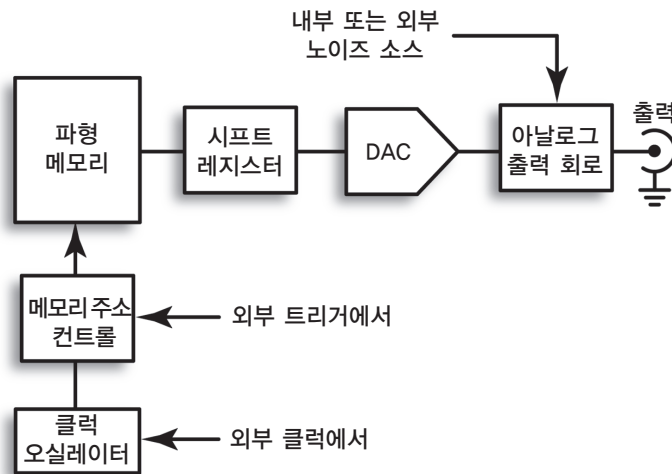


그림 18. 임의 파형 발생기의 아키텍처

기본적으로 AWG(임의 파형 발생기)는 지속적으로 변화하는 AC 신호의 전압 레벨을 의미하는 저장된 디지털 데이터를 바탕으로 파형을 제공하는 정밀한 재생 시스템이라고 할 수 있습니다. 또한 블록도표가 놀랍도록 간단합니다. AWG의 개념을 쉬운 용어로 설명하자면, 저장된 데이터(AWG의 경우 자체 파형 메모리, CD 플레이어의 경우 디스크 자체)를 실시간으로 읽어내는 CD 플레이어와 아주 유사합니다. 두 장치 모두 아날로그 신호 또는 파형을 출력합니다.

AWG를 이해하려면 먼저 디지털 샘플링의 폭넓은 개념을 파악해야 합니다. 디지털 샘플링은 이름이 암시하는 그대로, 파형의 곡선을 따르는 일련의 전압 측정치를 나타내는 샘플 또는 데이터 포인트를 사용하여 신호를 정의하는 것입니다. 해당 샘플은 실제로 오실로스코프와 같은 계측기를 사용하여 파형을 측정하거나, 그래픽 또는 수학적 기법을 사용하여 판단할 수 있습니다. 그림 17의 (왼쪽)에 일련의 샘플 포인트가 나와 있습니다.

곡선으로 인해 간격이 다른 것처럼 보이지만 모든 포인트는 일정한 시간 간격으로 샘플링되었습니다. AWG의 경우 샘플 깊이 고속 RAM(Random Access Memory)에 2진수 형태로 저장됩니다.

저장된 정보를 사용하면 언제든지 메모리 위치를 다시 읽고 DAC(디지털-아날로그 컨버터)를 통해 데이터 포인트를 공급하여 신호를 재구성(하단)할 수 있습니다. 그림 17의 (오른쪽)에 그 결과가 나와 있습니다. 참고로 AWG의 출력 회로가 포인트 사이를 필터링하여 점을 연결함으로써 깨끗하고 중단 없는 파형 모양을 만들어냅니다. DUT는 이러한 점을 별개의 포인트로 “인식”하지 않으며, 연속적인 아날로그 파형으로 인식합니다.

그림 18에 이러한 작동 방식이 구현된 AWG의 간소화된 블록 도표가 나와 있습니다.

AWG는 다른 측정기가 필적할 수 없는 수준의 다기능성을 제공합니다. AWG는 상상 가능한 어떤 파형이든 만들 수 있는 기능을 제공하므로, 자동차 ABS(Anti-lock Brake System, 미끄럼 방지 제동 장치) 시뮬레이션에서 무선 네트워크 스트레스 테스트에 이르는 애플리케이션에 활용할 수 있습니다.



그림 19. 고성능 혼합 신호 발생기: 텍트로닉스 AWG7000 시리즈 임의 파형 발생기

혼합 신호 발생기의 시스템 및 컨트롤

전체 측정 솔루션의 자극 요소 역할에 충실하도록 혼합 신호 발생기의 컨트롤 및 하위 시스템은 광범위한 유형의 파형 개발을 촉진하고 탁월한 충실도로 파형을 제공하도록 설계되었습니다.

가장 기본적이고 자주 조정되는 신호 파라미터는 전면부에 전용 컨트롤이 있습니다. 더 복잡한 작업과 자주 사용하지 않는 기능은 계측기 디스플레이 화면의 메뉴를 통해 액세스할 수 있습니다.

레벨 컨트롤은 출력 신호의 진폭과 오프셋 레벨을 설정하는 기능을 담당합니다. 그림 19에 나와 있는 신호 발생기의 경우, 전면부의 전용 레벨 컨트롤을 사용하면 멀티 레벨 메뉴를 사용하지 않고도 손쉽게 진폭과 오프셋 값을 설정할 수 있습니다.

타이밍 컨트롤은 샘플링 속도를 제어함으로써 출력 신호의 주파수를 설정합니다. 이 부분도 마찬가지로 전용 하드웨어 기반 컨트롤을 통해 필수적인 수평 파라미터를 간단히 설정할 수 있습니다.

참고로 위에 나온 파라미터는 모두 계측기에서 발생하는 실제 파형을 제어하지 않습니다. 이 기능은 **편집/제어 화면**의 메뉴에 있습니다. 터치 패널 또는 마우스를 사용하여 그림 20과 같이 그래픽 사용자 인터페이스에서 시퀀스 또는 디지털 출력 설정을 정의할 수 있는 컨트롤을 제공하는 관심 화면을 선택할 수 있습니다. 해당 페이지를 연 후에 간단히 숫자 키패드 및/또는 범용 스크롤 노브를 사용하여 빈 곳을 채우기만 하면 됩니다.

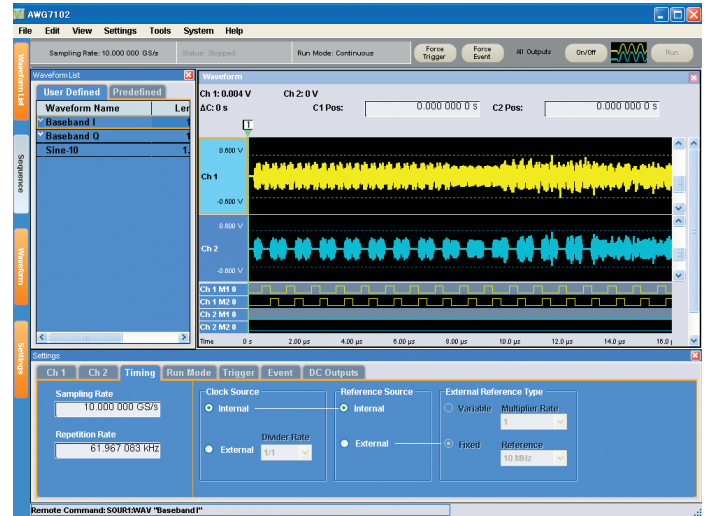


그림 20. 메뉴를 선택하는 설정 탭이 표시된 AWG 사용자 인터페이스

성능 용어 및 고려 사항

다음은 혼합 신호 발생기의 성능을 설명하는 파라미터에 대한 일부 정의입니다. 브로셔, 참조 도서, 자습서 등 신호 발생기 또는 해당 애플리케이션이 설명되어 있는 거의 모든 곳에서 이러한 용어가 사용되는 것을 볼 수 있습니다.

메모리 용량(레코드 길이)

메모리 용량 또는 레코드 길이는 클럭 주파수와 궤를 함께 합니다. 메모리 용량은 저장할 수 있는 샘플의 최대 수를 결정하는 요소입니다. 각 파형 샘플 포인트는 메모리 위치를 차지하며, 각 위치는 현재 클럭 주파수에서 샘플링 간격에 해당하는 시간과 일치합니다. 예를 들어 클럭이 100MHz로 작동 중이라면 저장된 샘플을 10ns 간격으로 분할됩니다.

메모리 용량은 얼마나 많은 데이터 포인트를 저장하여 파형을 정의할 수 있는지 결정하는 요소이므로, 대부분의 주파수에서 신호 충실도에 중요한 역할을 합니다. 특히 복잡한 파형의 경우 신호 세부 정보를 정확하게 재현하는 데 메모리 용량이 핵심적입니다. 메모리 용량 증가에 따른 장점은 다음과 같이 요약할 수 있습니다.

- 필요한 파형의 사이클을 더 많이 저장할 수 있으며, 메모리 용량은 신호 발생기의 시퀀싱 기능과 함께 계측기가 서로 다른 파형을 유연하게 합쳐 무한 루프, 패턴 등을 만들 수 있도록 하는 요소입니다.
- 더 많은 파형 세부 정보를 저장할 수 있습니다. 복잡한 파형의 경우 펄스 에지 및 이상신호에 고주파 정보가 포함되어 있을 수 있습니다. 이와 같이 빠른 트랜지션은 보관하기가 어렵습니다. 복잡한 신호를 충실히 재현하기 위해 사용 가능한 파형 메모리 용량을 신호의 추가 사이클이 아닌 더 많은 트랜지션 및 동요 현상을 저장하는 데 사용할 수 있습니다.

고성능 혼합 신호 발생기는 많은 메모리 용량과 높은 샘플링 속도를 제공합니다. 해당 계측기는 의사 무작위 비트 스트림과 같은 복잡한 파형을 저장 및 재현할 수 있습니다. 마찬가지로, 다량의 메모리가 있는 빠른 소스는 매우 짧은 디지털 펄스 및 이상신호를 발생시킬 수 있습니다.

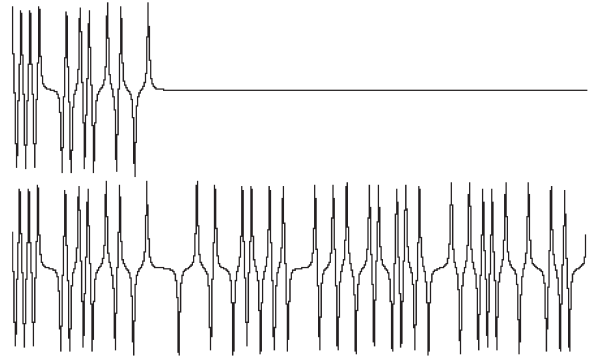


그림 21. 메모리 용량이 충분한 경우 임의 신호 발생기에서 극도로 복잡한 파형을 재현할 수 있습니다.

샘플링(클럭) 속도

일반적으로 초당 메가샘플 또는 기가샘플의 단위로 지정되는 샘플링 속도는 계측기가 작동할 수 있는 최대 클럭 속도 또는 샘플링 속도를 나타냅니다. 샘플링 속도는 기본 출력 신호의 주파수 및 충실도에 영향을 줍니다. Nyquist 샘플링 원칙에는 정확한 신호 재현을 보장하려면 샘플링 주파수 또는 클럭 속도가 발생된 신호의 최고 스펙트럼 주파수 성분보다 2배 이상이어야 한다고 명시되어 있습니다. 예를 들어 1MHz의 사인파 신호를 만들려면 초당 2MS/s(메가샘플) 이상의 주파수로 샘플 포인트를 만들어야 합니다. 이 원리가 흔히 획득의 지침으로 인용되고 있기는 하지만, 오실로스코프의 경우처럼 신호 발생기에도 유사한 관계 즉, 원하는 신호의 세부 정보를 충실하게 묘사하려면 저장된 파형에 충분한 포인트가 있어야 한다는 점이 적용됩니다.

신호 발생기는 지정된 한계 내 모든 주파수에서 이러한 포인트를 수집하고 메모리에서 읽어낼 수 있습니다. 일련의 저장된 포인트가 Nyquist 원칙에 일치하고 사인파를 나타내는 경우, 신호 발생기가 해당 파형을 적절히 필터링하여 사인파를 출력합니다.

신호 발생기에서 만들 수 있는 파형의 주파수는 몇 가지 간단한 방정식을 풀어서 계산할 수 있습니다. 메모리에 하나의 파형 사이클이 저장되는 계측기를 예로 들도록 하겠습니다.

클럭 주파수가 100MS/s이며, 메모리 용량 또는 레코드 길이가 4000 샘플이라고 가정하면,

다음과 같습니다.

$$F_{\text{output}} = \text{클럭 주파수} \div \text{메모리 용량}$$

$$F_{\text{output}} = 100,000,000 \div 4000$$

$$F_{\text{output}} = 25,000\text{Hz}(\text{또는 } 25\text{kHz})$$

그림 22에 이 개념이 설명되어 있습니다.

명시된 클럭 주파수에서 샘플은 약 10ns의 간격을 가지며, 이는 바로 파형의 시간 분해능(수평)입니다. 이를 진폭 분해능(수직)과 혼동하지 않도록 유의해야 합니다.

이 프로세스를 한 단계 더 진행하여, 샘플 RAM에 하나가 아닌 4개의 파형 사이클이 저장되어 있다고 가정해 보겠습니다.

$$F_{\text{output}} = (\text{클럭 주파수} \div \text{메모리 용량}) \times (\text{메모리에 저장된 사이클})$$

$$F_{\text{output}} = (100,000,000 \div 4000) \times (4)$$

$$F_{\text{output}} = (25,000\text{Hz}) \times (4)$$

$$F_{\text{output}} = 100,000\text{Hz}$$

새로운 주파수는 100kHz입니다. 그림 23에 이 개념이 설명되어 있습니다.

이 예에서 각 파형 사이클의 시간 분해능은 단일 파형 예제보다 낮으며, 실제로 정확히 4배 더 낮습니다. 이제 각 샘플은 시간상으로 40ns를 표현하게 됩니다. 이러한 증가는 일부 수직 분해능을 대가로 이루어진 것입니다.

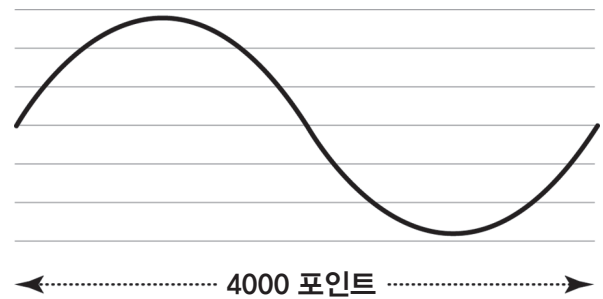


그림 22. 100MHz의 클럭 주파수에서 단일 4000 포인트 파형은 25kHz의 출력 신호로 제공됩니다.

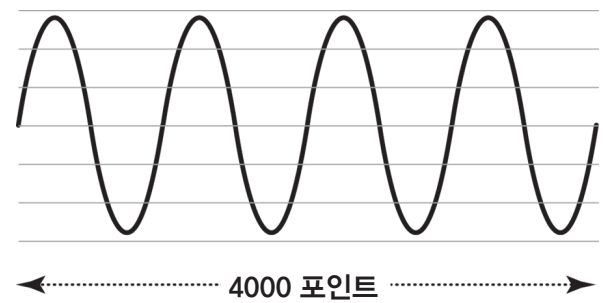


그림 23. 저장된 4개의 파형과 100MHz 클럭을 사용하면 100kHz 신호가 생성됩니다.

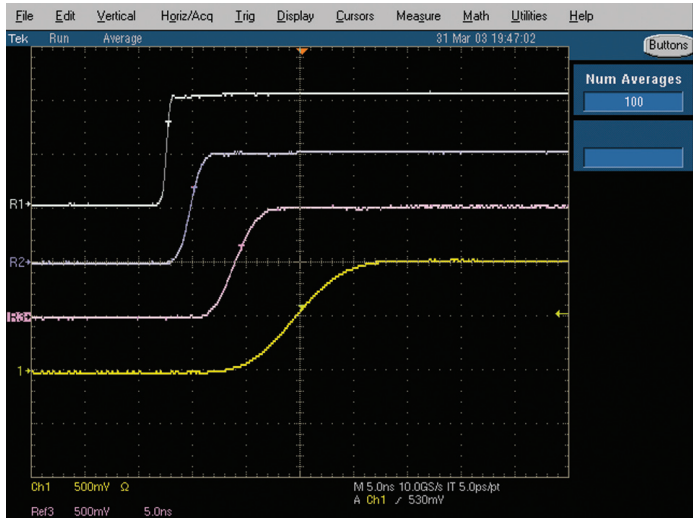


그림 24. 충분한 대역폭은 신호 세부 정보가 손실되지 않도록 보장합니다.

대역폭

계측기의 대역폭은 샘플링 속도와는 별도로 존재하는 아날로그 용어입니다. 신호 발생기 출력 회로의 아날로그 대역폭은 해당 샘플링 속도가 지원하는 최대 주파수를 처리하기에 충분해야 합니다. 즉, 신호 특성의 저하 없이 메모리에서 클럭이 출력될 수 있는 최고 주파수 및 트랜지션 시간이 통과하기에 충분한 대역폭이 있어야 합니다.

그림 24의 오실로스코프 디스플레이는 적정 대역폭의 중요성을 보여줍니다. 최상단의 트레이스는 고대역폭 소스의 손상되지 않은 상승 시간을 보여주는 반면, 나머지 트레이스는 더 열악한 출력 회로 설계로 인한 저하 현상을 나타냅니다.

수직 (진폭) 분해능

혼합 신호 발생기의 경우 수직 분해능은 계측기 DAC의 비트 단위 2진수 워드 크기와 관련이 있으며, 비트가 많을수록 분해능도 높아 집니다. DAC의 수직 분해능은 재현되는 파형의 진폭 정밀도와 왜곡을 결정하는 요소입니다. DAC의 분해능이 부적절할 경우 양자화 오류가 발생하여 불완전한 파형 발생의 원인이 됩니다.

더 높은 것이 좋긴 하지만, AWG의 경우 더 높은 계측기는 일반적으로 12 또는 14비트를 제공하는 범용 계측기보다 낮은 8 또는 10비트의 분해능을 가지고 있습니다. 10비트 분해능의 AWG는 계측기의 전체 전압 범위에 걸쳐 1024 샘플 레벨을 제공합니다. 예를 들어

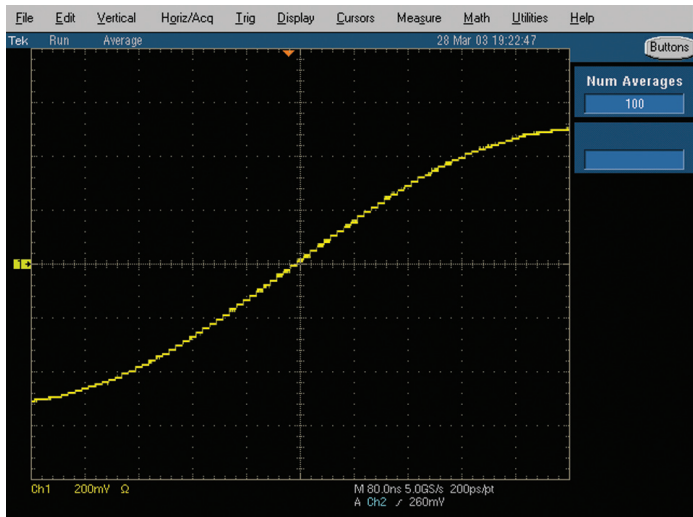
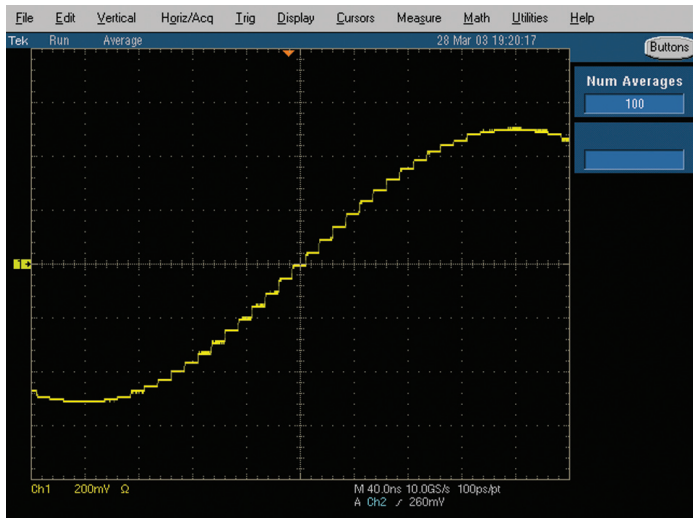


그림 25. (위) 낮은 수직 분해능, (아래) 높은 수직 분해능. 수직 분해능은 재현되는 파형의 진폭 정밀도를 결정하는 요소입니다.

이러한 10비트 AWG의 전체 전압 범위가 2Vp-p라면, 각 샘플은 약 2mV의 스텝을 나타냅니다. 이는 출력 증폭기 게인 및 오프셋과 같은 아키텍처상의 다른 요인에 의해 제한되지 않는다고 가정할 때 해당 계측기가 추가 어테뉴에이터 없이 제공할 수 있는 최소 증분입니다.

수평(시간) 분해능

수평 분해능은 파형을 만드는 데 사용할 수 있는 최소 시간 증분을 나타냅니다. 일반적으로 이 수치는 간단히 다음 계산을 통해 얻을 수 있습니다.

$$T = 1/F$$

여기서 T는 초 단위의 시간 분해능이며, F는 샘플링 주파수입니다.

이러한 정의에 따라, 최대 클럭 속도가 100MHz인 신호 발생기의 시간 분해능은 10나노초가 됩니다. 달리 말하면, 이 혼합 신호 발생기에서 출력되는 파형의 특성은 10ns씩 떨어진 일련의 스텝에 의해 결정됩니다.

일부 계측기는 출력 파형의 유효 시간 분해능을 현저히 확대할 수 있는 툴을 제공합니다. 이러한 툴이 계측기의 기본 분해능을 높여주는 것은 아니지만, 피코초 범위에서 점진적으로 에지 전달을 재현하는 파형에 변경 내용을 적용합니다.

구역 이동

구역 이동 기능은 지정한 파형 에지를 오른쪽이나 왼쪽, 프로그래밍된 중앙 값에 가까이 또는 멀리 이동하는 기능입니다. 지정된 이동량이 샘플링 간격보다 적을 경우, 데이터 보간법을 사용하여 원본 파형을 다시 샘플링하는 방법으로 이동된 값이 산출됩니다.

구역 이동을 활용하면 계측기의 분해능을 초과하는 지터 조건과 기타 미세한 에지 위치 변경 사항을 시뮬레이션할 수 있습니다. 다시 클럭이 100MHz인 신호 발생기의 예를 생각하면, 지터의 영향을 시뮬레이션하기 위해 자극 에지를 10ns 단위로 이동하는 것은 무의미합니다. 실제 지터는 미세한 피코초 범위에서 작동합니다. 구역 이동을 사용하면 에지를 각 단계마다 수 피코초 단위로 이동하여 실제 지터 현상의 근사치에 훨씬 더 근접할 수 있습니다.

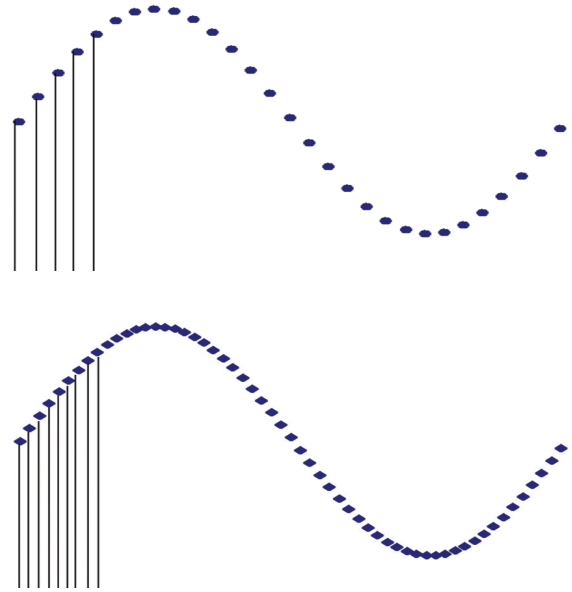


그림 26. (위) 낮은 수평 분해능, (아래) 높은 수평 분해능. 수평 또는 타이밍 분해능이란 에지, 사이클 시간 또는 펄스 폭을 변경할 수 있는 최소 시간 증분을 가리킵니다.

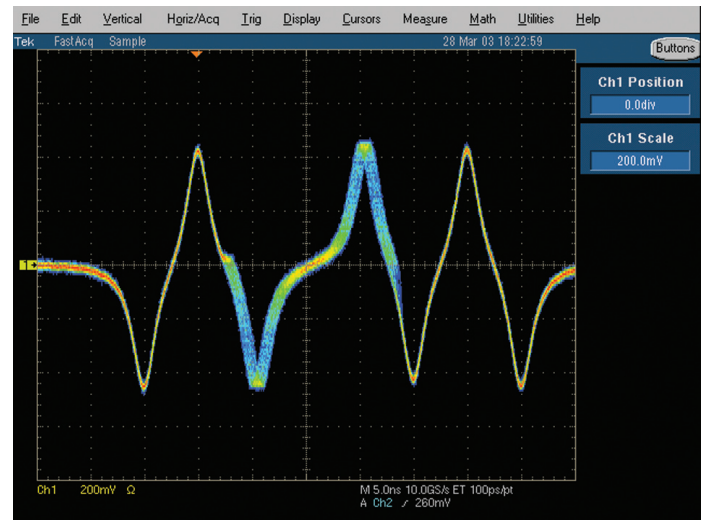


그림 27. 구역 이동

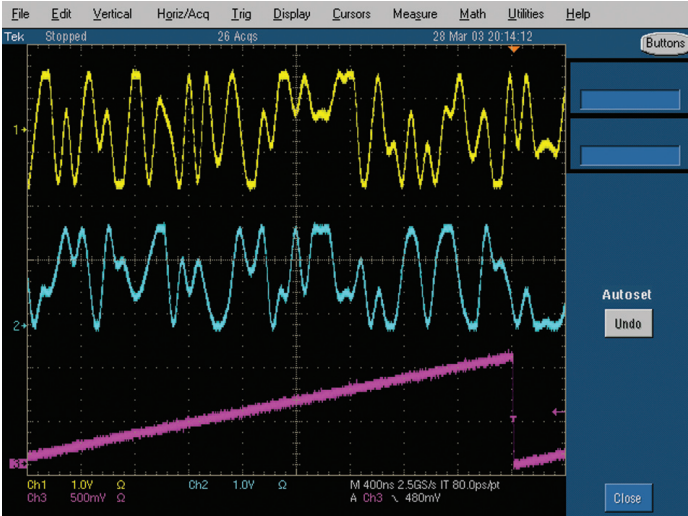


그림 28. 복수의 출력 채널

출력 채널

대다수의 애플리케이션에는 신호 발생기에서 제공되는 출력 채널이 2개 이상 필요합니다. 예를 들어, 자동차 ABS를 테스트하려면 4개의 자극 신호(명백한 이유로)가 필요합니다. 생물 물리학 연구의 경우 인체에서 발생하는 다양한 전기 신호를 시뮬레이션하려면 다수의 발생기가 필요합니다. 또한 복잡한 IQ 변조 방식 통신 장비의 경우 2개의 위상마다 별도의 신호가 필요합니다.

이러한 요구에 대응하기 위해 다양한 AWG 출력 채널 구성이 개발되었습니다. 일부 AWG는 완전한 대역폭의 아날로그 자극 신호를 최대 4개의 독립적인 채널로 제공할 수 있습니다. 최대 2개의 아날로그 출력을 보완하여 혼합 신호 테스트용 고속 디지털 출력을 최대 16개까지 제공하는 제품도 있습니다. 후자와 같은 종류의 툴이라면 단 하나의 통합형 계측기로 장치의 아날로그, 데이터, 주소 버스에 대응할 수 있습니다.

디지털 출력

일부 AWG에는 별도의 디지털 출력이 포함되어 있는데, 마커 출력과 병렬 데이터 출력의 두 범주로 나누어집니다.

마커 출력은 신호 발생기의 기본 아날로그 출력 신호와 동기를 이루는 2진수 신호를 제공합니다. 일반적으로 마커를 사용하면 특정 파형 메모리 위치(샘플 포인트)와 동기화된 펄스(또는 복수의 펄스)를 출력할 수 있습니다.

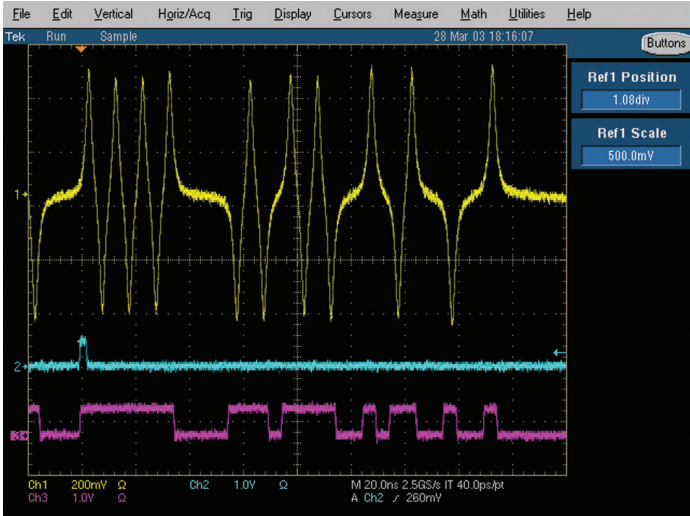


그림 29. 마커 출력

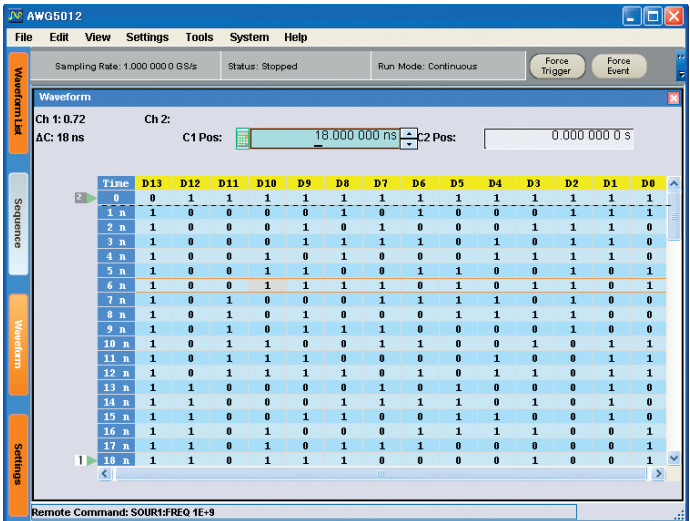


그림 30. 병렬 디지털 출력

마커 펄스는 동시에 혼합 신호 발생기에서 아날로그 자극 신호를 수신하는 DUT의 디지털 부분을 동기화하는 데 사용할 수 있습니다. 마찬가지로 중요한 점은 마커가 DUT 출력 측에서 획득 장비를 트리거할 수 있다는 것입니다. 마커 출력은 일반적으로 기본 파형 메모리와 독립적인 메모리에서 구동됩니다.

그림 30의 병렬 디지털 출력은 소스의 기본 아날로그 출력과 동일한 메모리에서 디지털 데이터를 가져온 것입니다. 아날로그 출력에 특정 파형 샘플 값이 존재할 경우에는 병렬 디지털 출력에서 동등한 디지털 신호를 얻을 수 있습니다. 이러한 디지털 정보는 무엇보다 DAC(디지털-아날로그 컨버터)를 테스트할 때 비교 데이터로 즉시 활용할 수 있습니다. 또는 디지털 출력을 아날로그 출력과 독립적으로 프로그래밍할 수 있습니다.

필터링

기본 파형이 정의된 후에는 필터링 및 시퀀싱과 같은 다른 작업을 적용하여 파형을 각각 수정 또는 확장할 수 있습니다.

필터링을 사용하면 신호에서 선택적인 대역의 주파수 성분을 제거할 수 있습니다. 예를 들어, ADC(아날로그-디지털 컨버터)를 테스트하는 경우, 신호 발생기에서 입력되는 아날로그 입력 신호에 컨버터 클럭 주파수의 절반보다 높은 주파수가 없도록 해야 합니다. 이는 DUT 출력에서 불필요한 앨리어싱 왜곡을 방지하기 위한 것이며, 그렇지 않을 경우 테스트 결과가 손상될 수 있습니다. 앨리어싱은 관심 주파수 범위에 왜곡된 변환 부산물이 유입되는 현상입니다. 앨리어싱 신호가 출력되는 DUT로는 의미 있는 측정 결과를 얻을 수 없습니다.

이러한 주파수를 안정적으로 제거하는 방법 중 하나는 파형에 가파른 로우-패스 필터를 적용하여 지정된 지점 이하의 주파수는 통과시키고 차단점 위의 주파수는 과감히 감쇠시키는 것입니다. 또한 필터를 사용하여 사각파 및 삼각파와 같은 파형을 재형성할 수 있습니다. 경우에 따라 새로운 파형을 만드는 것보다 기존 파형을 이 방법으로 수정하는 것이 더 간단할 수 있습니다. 과거에는 이러한 결과를 얻는 데 신호 발생기와 외부 필터를 사용하는 것이 필수적이었습니다. 다행히도 오늘날의 고성능 신호 발생기에는 대부분 제어 가능한 내장 필터가 포함되어 있습니다.

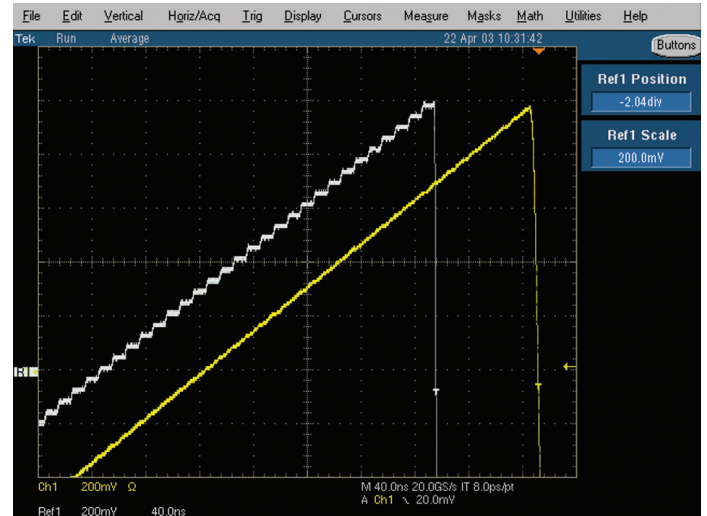


그림 31. 필터링 적용 전과 후. 레퍼런스 1(위) 파형은 필터가 적용되지 않은 램프 파형이며, 채널 1(아래) 파형은 필터가 적용된 램프 파형입니다.

시퀀싱

DUT를 완전히 검사하려면 긴 파형 파일을 만들어야 하는 경우가 흔합니다. 파형 중 일부가 반복되는 부분에서 파형 시퀀싱 기능을 사용하면 지루하고 메모리 사용량이 많은 파형 프로그래밍 작업을 대부분 줄일 수 있습니다. 시퀀싱을 활용하면 막대한 수량의 “가상” 파형 사이클을 계측기의 메모리에 저장할 수 있습니다. 파형 시퀀서에는 루프, 점프 등과 같은 컴퓨터 분야의 명령이 차용되고 있습니다. 이 명령들은 파형 메모리와 분리된 시퀀스 메모리에 존재하며, 파형 메모리의 특정 세그먼트가 반복되도록 만듭니다. 작업 사이클의 수와 발생하는 순서는 프로그래밍 가능한 반복 카운터, 외부 이벤트에 따른 분기, 기타 제어 메커니즘에 의해 결정됩니다. 시퀀스 컨트롤러를 사용하면 거의 무한한 길이의 파형을 만들 수 있습니다.

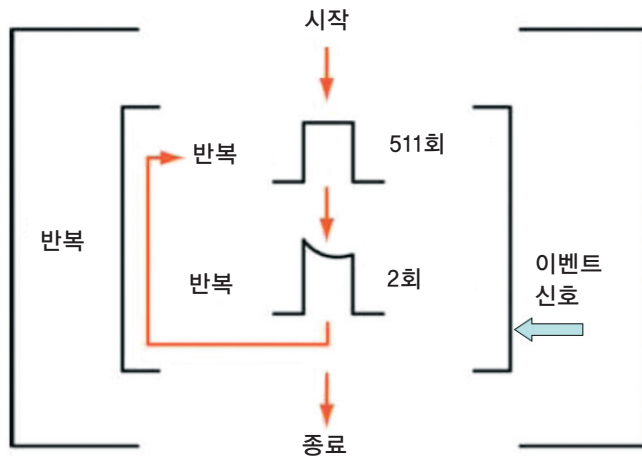


그림 32. AWG의 파형 메모리 용량은 루프 및 반복을 통해 확장할 수 있습니다.

아주 간단한 예를 들자면, 4000 포인트의 메모리에 깨끗한 펄스가 메모리 절반(2000 포인트)에 로드되고, 왜곡된 펄스가 나머지 절반을 사용하는 상황을 가정할 수 있습니다. 메모리 콘텐츠의 기본적인 반복만이 가능한 경우 신호 발생기는 정지 명령이 있을 때까지 항상 두 펄스를 순서대로 반복하게 됩니다. 하지만 파형 시퀀싱을 통해 이를 완전히 바꿀 수 있습니다.

예를 들어 매 511 사이클 후에 왜곡된 펄스가 연속으로 2회 나오도록 하려면, 깨끗한 펄스를 511회 반복한 다음 왜곡된 신호로 점프하고 2회 반복한 후, 다시 처음으로 돌아가 계속해서 루프를 반복하도록 시퀀스를 작성하면 됩니다.

해당 개념이 그림 32에 나와 있습니다.

루프 반복은 무한 또는 지정된 값으로 설정하거나, 외부 이벤트 입력을 통해 제어할 수 있습니다. 저장된 파형 사이클의 수와 결과적인 시간 분해능 사이의 반대급부에 대해 이미 논의한 부분을 고려하면, 시퀀싱은 개별 파형의 분해능 저하 없이 훨씬 뛰어난 유연성을 제공합니다.

참고로 시퀀싱이 적용된 파형 세그먼트는 이어지는 세그먼트와 동일한 진폭 지점에서 계속되어야 합니다. 즉, 사인파 세그먼트의 마지막 샘플 값이 1.2V였다면, 시퀀스에서 다음 세그먼트의 시작 값도 1.2V여야 합니다. 그렇지 않으면 DAC에서 돌연히 새로운 값으로 변경하려고 시도할 때 바람직하지 않은 글리치가 생길 수 있습니다.

이 예는 아주 기본적인 것이지만 불규칙적인 패턴 의존적 오류를 검출하는 데 필요한 기능을 나타냅니다. 한 가지 예는 통신 회로의 심볼 간 간섭입니다. 심볼 간 간섭은 한 사이클의 신호 상태가 이어지는 사이클의 신호에 영향을 주어 왜곡시키거나 그 값마저 변경시킬 때 발생합니다. 파형 시퀀싱을 사용하면 신호 발생기를 자극제로 수일 또는 수주에 이르는 장기적인 스트레스 테스트를 실행할 수 있습니다.

통합 편집기

형태는 동일하지만 시리즈가 진행됨에 따라 진폭이 달라지는 일련의 파형 세그먼트가 필요한 경우를 가정해 보겠습니다. 이러한 진폭 변화를 만들기 위해 파형을 다시 계산하거나 오프라인 파형 편집기를 사용하여 파형을 다시 그릴 수도 있습니다. 하지만 두 가지 방법 모두 불필요하게 시간이 많이 소요됩니다. 파형 메모리의 시간과 진폭을 모두 수정할 수 있는 통합 편집 툴을 사용하는 것이 더 나은 방법입니다.

오늘날의 혼합 신호 발생기는 파형 생성 작업을 간소화할 수 있는 몇 가지 유형의 편집 툴을 제공합니다.

- 그래픽 편집기 – 파형의 사실적인 묘사를 구성 및 확인할 수 있는 툴입니다. 결과 데이터 포인트는 컴파일 후 파형 메모리에 저장됩니다.
- 시퀀스 편집기 – 시퀀스에서 지정된 저장 파형에 작용하는 컴퓨터와 유사한 프로그래밍 구조(점프, 루프 등)를 가진 편집기입니다



그림 33. 그래픽 편집기와 시퀀스 편집기를 결합하여 유연한 파형 생성에 활용하는 모습

데이터 가져오기 기능

데이터 가져오기 기능을 사용하면 신호 발생기 외부에서 생성된 파형 파일을 사용할 수 있습니다.

예를 들어 최신 디지털 스토리지 오실로스코프로 캡처한 파형은 GPIB 또는 이더넷을 통해 손쉽게 혼합 신호 발생기로 전송할 수 있습니다. 이 작업은 “기준 장치(golden device)”의 레퍼런스 신호를 사용하여 이후 해당 장치의 모든 프리덕션 사본을 테스트하는 테스트 방법론에 핵심입니다. 계측기의 편집 툴을 사용하면 저장된 다른 파형처럼 신호를 조작할 수 있습니다.

시뮬레이터 및 기타 EDA(전자 설계 자동화) 툴도 편리하게 활용할 수 있는 또 다른 파형의 소스입니다. 신호 발생기는 EDA 데이터를 유입, 저장, 재생산하는 기능을 통해 초기 설계 시제품의 개발 기간을 단축시켜 줍니다.

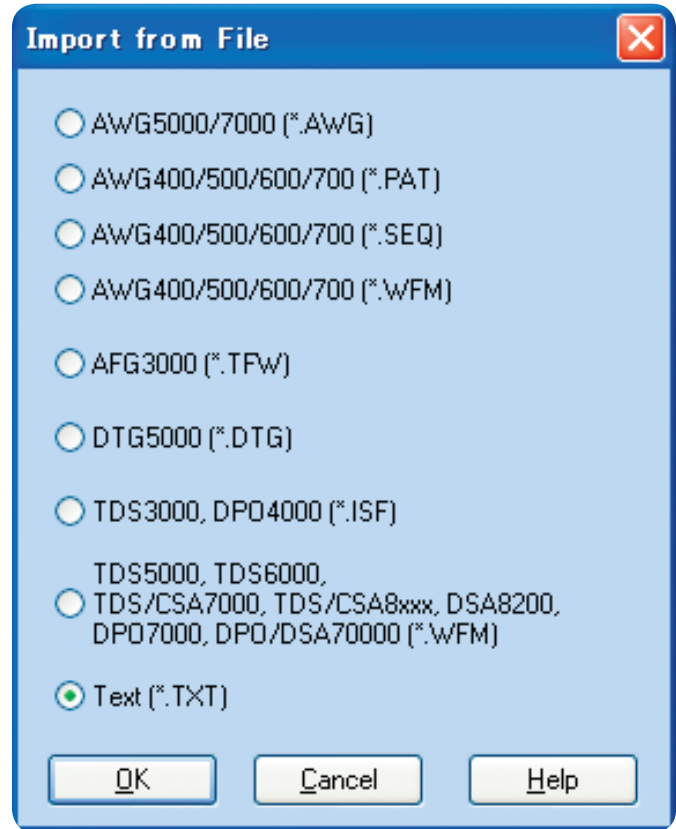


그림 34. 데이터 가져오기 기능

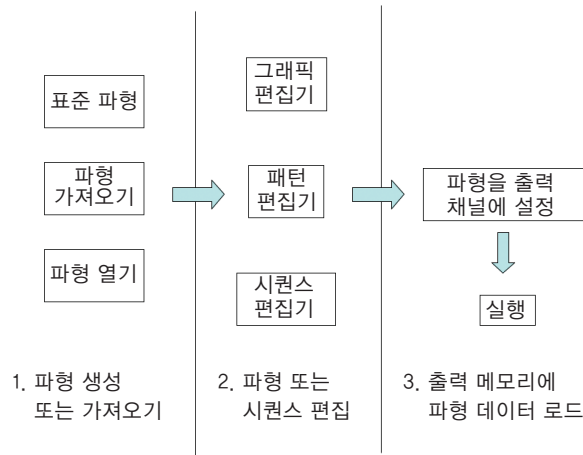


그림 35. AWG를 사용하여 파형을 만드는 데 사용되는 기본적인 절차

혼합 신호 발생기를 사용한 파형 생성

오늘날의 첨단 혼합 신호 발생기, 특히 AWG는 파형을 생성 및 편집할 수 있는 방법을 다양하게 제공합니다. 더불어, 일부 계측기에는 바로 사용할 수 있는 애플리케이션별 파형도 포함되어 있습니다. 그림 35에는 AWG를 사용하여 신호를 만들 때 필요한 절차가 나와 있습니다.

파형 파일은 일반적으로 생성된 후 영구적으로 저장됩니다. 파형(또는 그 세그먼트)은 원래 애플리케이션 작업이 완료되고 오랜 시간이 경과된 후에도 다시 유용하게 사용할 수 있습니다. 따라서 엔지니어링 작업용으로 설계된 AWG에는 파형 파일과 시퀀스를 영구적으로 저장하는 로컬 하드 디스크가 있습니다. 가장 첫 단계는 표준 파형 기능을 사용하거나 다른 계측기 또는 시뮬레이션 소프트웨어에서 가져온 파형으로 파형을 만드는 것입니다.

파형 편집 또는 생성 단계는 다수의 사용자 친화적 편집기를 통해 지원됩니다. 기본적인 파형 편집기는 “원시” 파형 세그먼트를 사용하며, 수학 연산, 잘라내기 및 붙여넣기 등 다양한 방법으로 세그먼트를 수정할 수 있는 툴을 제공합니다.

패턴 편집기는 디지털 데이터 파형의 조작에 최적화된 툴입니다. 일반적으로 디지털 작업에는 순수 패턴 발생기가 적합한 툴이지만, AWG의 패턴 편집기를 사용하면 단일 비트를 분리하고 타이밍 또는 진폭 파라미터를 변경할 수 있습니다. 이는 디지털 발생기로는 불가능한 작업입니다.

그 예로 간단한 사인 공식에서 로그 스위프 함수를 비롯한 폭넓은 범위가 포괄됩니다. 이 경우도 마찬가지로 잘라내기 및 붙여넣기 방식의 편집으로 복잡한 파형 개발을 간소화할 수 있습니다.

AWG 설정의 최종 단계는 필요할 경우 파일을 컴파일하고(방정식 편집기에서 나온 파일처럼) 컴파일된 파일을 하드 디스크에 저장하는 것입니다. “로드” 작업으로 파형을 AWG의 동적 메모리에 불러들일 수 있으며, 여기서 메모리는 아날로그 형식으로 출력되기 전에 멀티플렉스가 적용되고 DAC로 전송됩니다.

여기까지는 AWG에서 파형을 만드는 기본적인 단계입니다. 앞서 설명한 것처럼 별도의 시퀀스 편집기를 사용하여 파형 파일을 시퀀스로 연결하여 거의 무한의 길이로 정도에 구애되지 않는 복잡성을 가진 신호 스트림을 만들어낼 수 있습니다.

복잡한 파형 생성

빠른 엔지니어링 사이클이 더 빠른 제품화 기간을 보장하는 오늘날에는 가능한 쉽고 효율적으로 실제 신호와 특성을 사용하여 설계를 테스트하는 것이 중요합니다. 이러한 실제 신호를 발생시키려면 먼저 신호를 만들어야 합니다. 이전까지 이러한 파형을 만드는 것은 상당히 까다로운 문제였으며, 설계 또는 테스트 대상 제품의 제품화 기간이 길어지는 요소였습니다. ArbExpress와 같은 범용 소프트웨어 툴 또는 SerialExpress® 및 RFXpress™와 같은 애플리케이션 전용 툴을 사용하면 복잡한 파형을 생성 및 편집하는 작업이 훨씬 쉬워집니다.

ArbExpress®

ArbExpress는 AWG 및 AFG 장비용 파형 생성 및 편집 툴입니다. 이 Windows 기반(PC) 애플리케이션을 사용하면 텍트로닉스 오실로스코프의 파형을 캡처하거나 표준 파형 라이브러리에서 파형을 만들

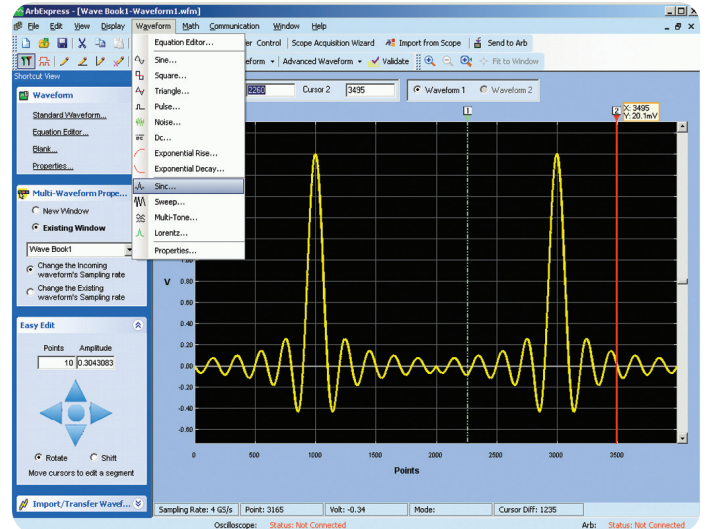


그림 36. 임의 파형을 편리하게 생성 및 편집할 수 있는 PC용 ArbExpress™

수 있습니다.

스코프 획득 마법사의 안내에 따라 편리하게 오실로스코프에 연결하고 사용 가능한 채널 및 메모리 위치에서 데이터 소스를 선택할 수 있습니다. 파형은 전체를 가져오거나 커서를 통해 세그먼트를 추출할 수 있습니다. 또한 대상 신호 발생기의 시간 분해능에 일치하도록 파형을 리샘플링할 수도 있습니다.

ArbExpress에서 포인트 스케치 도구 또는 수치 데이터 테이블 항목을 통해 표준 파형을 바탕으로 자유롭게 파형을 정의할 수도 있습니다. 파형을 만든 후에는 수학 함수 또는 편집 툴을 사용하여 이상 현상을 손쉽게 추가할 수 있습니다. 또한 시간 또는 진폭 축에서 세그먼트나 전체 파형을 간편하게 이동할 수 있습니다. 이는 실제 신호

발생을 손쉽게 만들어주는 기능입니다.

SerialXpress®

차세대 고속 직렬 표준은 3 ~ 6Gb/s 사이의 데이터 전송률 범위에 속합니다. 이러한 빠른 속도라면 줄어드는 타이밍 마진 하에서 작동할 수 있는 새로운 설계가 요구되며, 이에 따라 기존 트랜스미터 테스트를 보완할 수 있는 리시버 특성 분석의 구현이 필수적입니다. SerialXpress는 SATA, HDMI, PCI-Express 등과 같은 고속 직렬 데이터 애플리케이션 전용으로 설계된 애플리케이션 소프트웨어 프로그램입니다. 회로 동작과 규제 표준에 대한 적합성을 효율적으로 평가하려면 엔지니어가 테스트 프로세스에 알려진 이상 현상을 다양하게 도입할 수 있어야 합니다. 주기적 지터, 무작위 지터, 프리엠퍼시스/디엠퍼시스 신호, 다양한 예지 속도 등은 적절한 리시버 작동을 보장하기 위해 에뮬레이션해야 하는 신호 동작 중 일부에 불과합니다.

SerialXpress와 같은 애플리케이션 소프트웨어 프로그램은 엔지니어들이 적합성 테스트 도중 신호 결함을 손쉽게 추가할 수 있도록 해줍니다. 대부분의 경우 이러한 프로그램은 이전까지 여러 개의 명령을 사용해야만 달성할 수 있었던 유연성과 신호 제어 기능을 제공합니다. 그림 37과 38에 일반적인 SATA(시리얼 ATA) 파형에 적용되는 SerialXpress의 설정 인터페이스가 나와 있습니다. 데이터 전송률, 신호 진폭, 상승/하강 시간, 신호 결함 등을 손쉽게 추가할 수 있습니다. SerialXpress는 또한 사용자가 결함의 크기와 규모를 제어할 수 있도록 지원하며, 각각을 개별적 또는 다른 이상 현상과 함께 동시에 분석할 수도 있습니다.

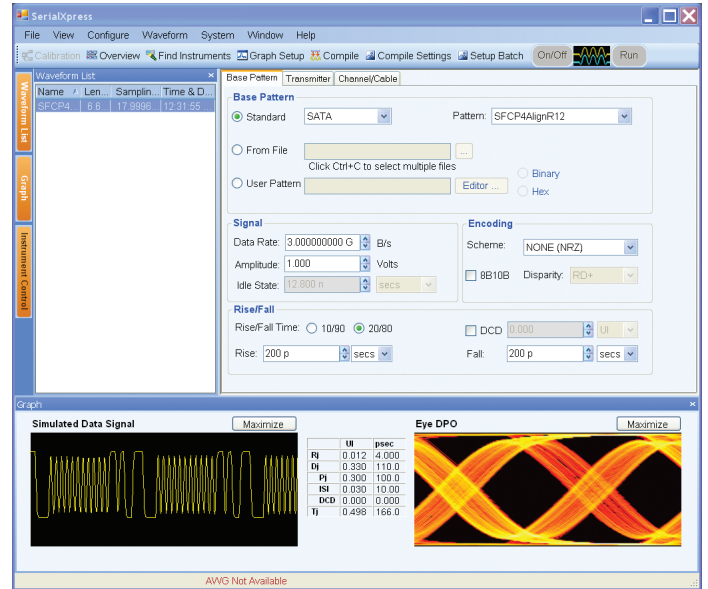


그림 37. 프리엠퍼시스가 적용된 표준 SATA 파형

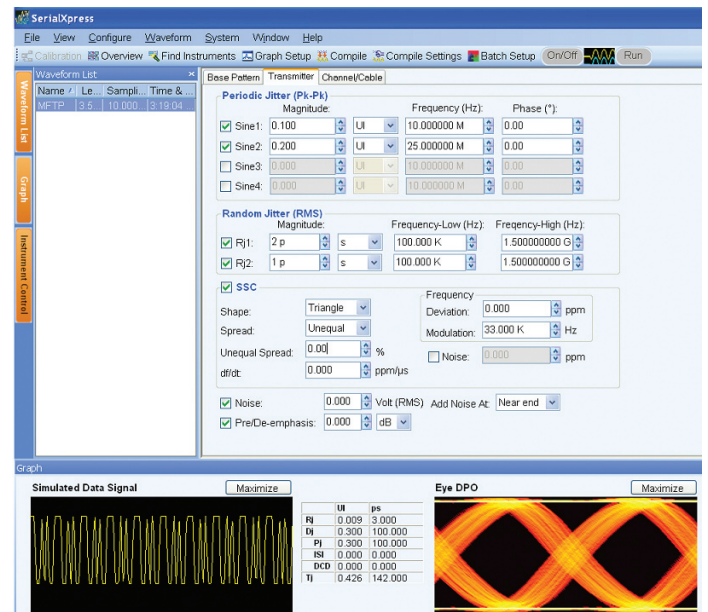


그림 38. 결함을 손쉽게 만들 수 있는 SerialXpress

RFXpress™

RFXpress는 파형 및 설정을 시각적으로 확인할 수 있는 그래픽 사용자 인터페이스를 갖춘 최신 PC 기반 소프트웨어 툴로, 드래그 앤드롭 방식의 파형 편집과 마법사 기반의 캘리브레이션 루틴으로 빠르고 손쉽게 파형을 합성할 수 있습니다. 또한 마진 및 적합성 테스트용으로 광범위하고 철저하며 반복 가능한 설계 검증에 필요한 정확한 파형을 만들 수 있습니다. RFXpress는 신호 생성 및 자극에 필요한 시간을 현저하게 절감하여 전반적인 개발 및 테스트 시간을 줄여줍니다.

RFXpress에는 범용 또는 표준 기반 파형의 파형 생성 프로세스를 간소화할 수 있도록 자동 랩어라운드 보정 및 파형 진폭 평균화 기능도 포함되어 있습니다. 자동 랩어라운드 보정 기능은 파형의 시작과 끝 부분 사이에 커다란 신호 진폭 차이가 존재하는 상황에서 파형이 지속적으로 반복될 때 발생할 수 있는 스펙트럼 글리치를 없애줍니다.

RFXpress는 포괄적인 WiMedia 신호 기능을 지원하는 특별한 "확장" 옵션을 제공합니다. 예를 들어 WiMedia에서 RF 대역 그룹 및 중심 주파수를 정의하고 있던 하지만 엔지니어가 IF에서 테스트를 하고자 하는 경우, RFXpress는 WiMedia에서 채택한 표준 RF 주파수 뿐 아니라 AWG의 기능 범위에 포함되는 IF 주파수에서도 신호를 정의할 수 있도록 지원합니다.

WiMedia 적합성 모드에서는 복잡한 MB-OFDM 신호도 손쉽게 합성할 수 있습니다. RFXpress에는 채택된 WiMedia 신호 표준이 통합되어 있으므로 사용자가 최고 수준에서 신호 특성을 선택할 수 있습니다. 이를 통해 표준에 의해 규제되는 신호 특성의 프로그래밍을 간소화하는 동시에, 신호를 합성할 때 부주의에 의한 오류가 발생할 가능성을 줄일 수 있습니다.

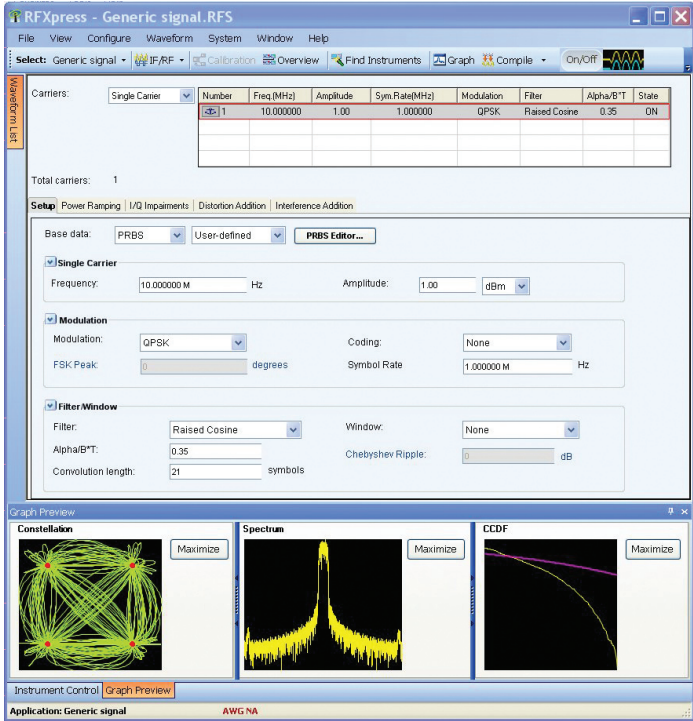


그림 39. RFXpress에서 생성된 단일 캐리어 RF 파형

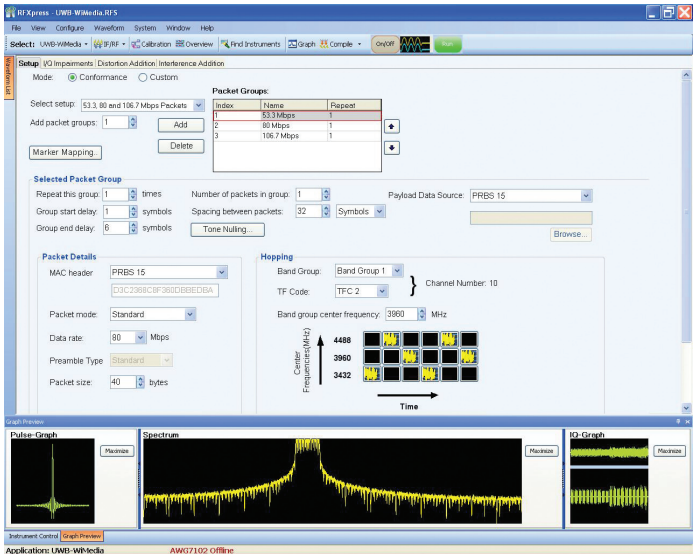


그림 40. RFXpress를 사용하여 복잡한 UWB 파형도 손쉽게 생성할 수 있음

로직 시그널 소스

로직 시그널 소스의 유형

로직 소스는 특정 디지털 테스트 요구 사항에 대응하는 한층 더 전문화된 톨로, 특정 정보 콘텐츠와 타이밍 특성을 가진 길고 연속적인 2진수 데이터 스트림을 요구하는 디지털 장치의 특별한 자극 요구를 충족합니다. 로직 소스는 펄스 패턴 발생기와 데이터 타이밍 발생기의 두 가지 종류 장비로 구분할 수 있습니다.

PPG(펄스 패턴 발생기)

펄스 패턴 발생기는 대개 아주 높은 주파수에서 소수의 출력으로부터 사각파 또는 펄스의 스트림을 구동합니다. 스트림이 변조되지 않는 한, 일반적으로 펄스를 통해 표현되는 정보 콘텐츠(데이터)가 존재하지 않습니다.

하지만 첨단 펄스 발생기는 높은 주파수와 빠른 상승 시간을 지원하므로 고속 디지털 장비를 테스트하는 데 이상적입니다.

DTG(데이터 타이밍 발생기)

AWG와 AFG는 주로 아날로그 형태와 특성을 가진 파형을 만들어 내도록 설계되었지만, 데이터 타이밍 발생기는 다량의 2진수 정보를 발생시키는 것이 주목적입니다. 데이터 타이밍 발생기는 패턴 발생기 또는 데이터 발생기라고도 불리며, 컴퓨터 버스, 마이크로 프로세서 IC 장치 및 기타 디지털 구성요소를 테스트하는 데 필요한 1과 0의 스트림을 만들어 냅니다.

설계 부서에서 데이터 타이밍 발생기는 거의 모든 종류의 디지털 장치에 필수 불가결한 자극 소스입니다. 더 넓게 보면 DTG는 신규 설계의 기능 테스트 및 디버그와 기존 설계의 오류 분석에도 유용합니다. 또한 타이밍 및 진폭 마진 특성 분석에도 적합한 톨입니다.

DTG를 제품 개발 사이클의 초기에 투입하여 아직 사용할 수 없는 시스템 컴포넌트를 대체할 수 있습니다. 예를 들어, 정상적으로 신호를 공급해야 할 프로세서가 아직 존재하지 않는 경우 새로 개발된 버스 회로에 인터럽트와 데이터를 전송하도록 DTG를 프로그래밍할 수 있습니다. 이와 비슷하게 DTG를 통해 메모리 버스에 주소를 제공하거나 사인파의 디지털 동등 신호를 테스트 대상인 DAC에 전송할 수 있습니다.

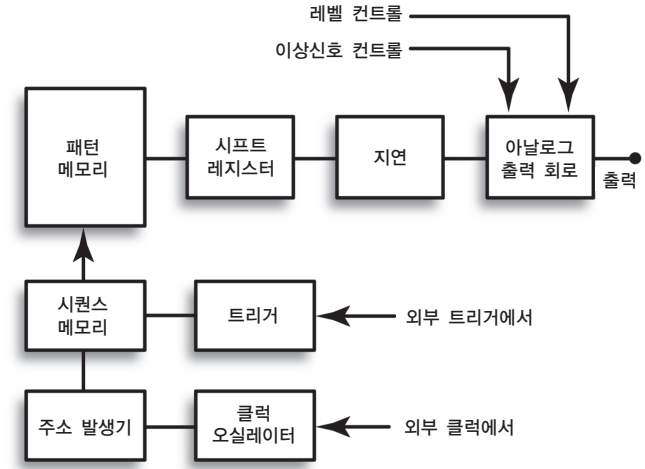


그림 41. PPG 또는 DTG의 아키텍처(간소화)

DTG는 극히 긴 패턴과 데이터 스트림에 간헐적인 오류를 삽입할 수 있는 기능을 지원하므로, 군사 또는 항공 표준에 대한 적합성을 보장하기 위한 장기 신뢰성 테스트에 활용될 수 있습니다. 더불어, 패턴 시퀀스의 일부로 DUT에서 발생하는 외부 이벤트에 대응할 수 있는 기능은 까다로운 특성 분석 애플리케이션에서 더욱 뛰어난 유연성을 제공합니다.

DTG는 ASIC 및 FPGA와 같은 반도체 소자의 테스트뿐 아니라 하드 디스크 드라이브 기록 회로 및 DVD와 같은 회전식 미디어의 테스트에 모두 적합합니다. 마찬가지로, CCD 이미지 센서와 LCD 디스플레이 드라이버/컨트롤러를 테스트하는 데에도 유용합니다. DTG는 DUT 시뮬레이션용으로 복잡한 디지털 비트 스트림이 필요한 경우라면 거의 모든 상황에서 효율적인 솔루션입니다.

AWG 및 AFG와 마찬가지로 DTG의 아키텍처에는 주소 발생기, 파형 (또는 패턴) 메모리, 시프트 레지스터 등이 포함되어 있습니다. 하지만 패턴 발생기의 아키텍처에 DAC는 제외되어 있습니다. 패턴 발생기는 아날로그 파형의 지속적으로 변화하는 레벨을 추적할 필요가 없으므로 DAC가 필요하지 않습니다. DTG에는 아날로그 출력 회로가 있으며, 이 회로는 전체 패턴에 적용되는 전압과 에지 파라미터를 설정하는 데 사용됩니다. 대부분의 DTG는 패턴에 사용할 로직 1 및 0 전압 값을 프로그래밍하는 기능을 제공합니다.

DTG에는 지터 및 타이밍 테스트를 지원하도록 설계된 일부 디지털 기능도 포함되어 있습니다. 전용 지연 회로가 해당 애플리케이션에서 요구하는 에지 위치의 미세한 변화를 구현하는 역할을 합니다.

지연 회로는 에지 위치에 피코초 수준의 미세한 변화를 적용할 수 있습니다. 일부 첨단 DTG는 모든 에지 또는 선택한 에지를 5ns 이상의 범위에서 0.2ps 단위로 이동할 수 있는 간편한 전면부 컨트롤을 제공합니다. 이와 같이 미세한 타이밍 변화는 펄스 에지가 시간에 따라 공칭 중심점 주변에서 비정상적으로 이동하는 전형적인 지터 현상을 모델링한 것입니다. 에지 타이밍을 변경하고 클럭에 대한 영향을 관찰함으로써 지터 허용 오차를 테스트할 수 있습니다.

현재 최상급 DTG에서는 이러한 지터를 패턴 전반에 걸쳐 적용하거나 특정 에지를 정확히 지정하는 마스크 기능을 통해 격리된 펄스에 적용할 수 있습니다. 그림 42는 지터 효과가 포함된 패턴 발생기의 출력 신호를 DPO(디지털 포스퍼 오실로스코프)로 캡처한 화면입니다. 삽입된 그림은 동일한 이벤트를 간소화 및 확대한 것입니다.

최신 DTG에는 중요한 지터 테스트에서 더 뛰어난 유연성을 제공하는 다른 기능도 있습니다. 일부 계측기의 경우 에지 변위의 양(피코초 단위)과 발생 비율을 모두 제어할 수 있는 외부 아날로그 변조 입력이 포함되어 있습니다. 수많은 지터 변수를 원하는 대로 활용 가능하므로 DUT에 광범위한 실제 스트레스를 적용할 수 있습니다.

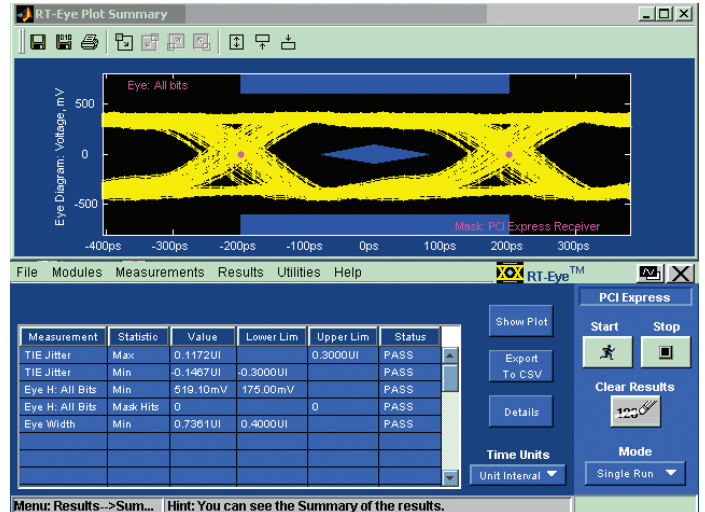


그림 42. DTG는 미세한 타이밍 변화를 사용하여 지터를 시뮬레이션합니다.

지연 회로는 셋업 & 홀드 위반과 같은 타이밍 문제의 테스트에서 두 번째이지만 마찬가지로 중요한 역할을 담당합니다. 클럭을 사용하는 대부분의 장치에는 클럭 펄스가 나오기 전에 데이터 신호가 몇 나노초(셋업 시간) 정도 존재해야 하며, 클럭 에지 이후에 몇 나노초(홀드 시간) 정도 유효한 상태로 유지되어야 합니다. 지연 회로를 사용하면 이러한 일련의 조건을 손쉽게 구현할 수 있습니다. 지연 회로는 신호 에지를 한번에 수 피코초뿐 아니라 수백 피코초 또는 수백 나노초까지 이동할 수 있습니다. 이것이 셋업 & 홀드 시간을 평가하는 데 필요한 기능입니다. 테스트에는 클럭 에지를 고정 상태로 유지하면서 입력 데이터 신호의 리딩 및 트레일링 에지를 각각 한번에 몇 분의 1 나노초씩 이동하는 작업이 필요합니다. 그 결과인 DUT의 출력 신호는 오실로스코프 또는 로직 애널라이저를 통해 획득할 수 있습니다. DUT에서 입력 조건과 일치하는 유효한 데이터를 출력하기 시작하면 데이터의 리딩 에지 위치가 셋업 시간이 됩니다. 이러한 접근 방식은 DUT 출력을 예측할 수 없는 준안정적 상황을 감지하는 데에도 사용할 수 있습니다.

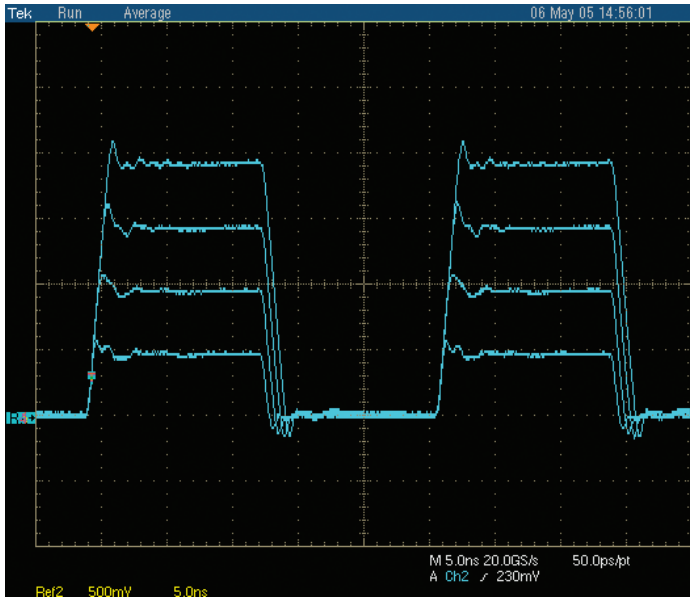


그림 43. 패턴 발생기의 출력 신호에 포함된 프로그래밍 전압 변화가 패턴 전반에 걸쳐 단일 전압 레벨을 적용합니다.

DTG의 기능에 필터링과 같은 공용 신호 조정 작업이 포함되어 있지는 않지만 출력 신호를 조작할 수 있는 툴을 일부 제공합니다. 이는 디지털 설계 문제가 전적으로 지터 및 타이밍 위반과 같은 디지털 문제에만 국한되지 않기 때문에 필요한 기능입니다. 일부 설계 오류는 비정상적인 전압 레벨 또는 느린 에지 상승 시간과 같은 아날로그 현상의 결과입니다. 패턴 발생기는 위 두 가지를 모두 시뮬레이션할 수 있습니다.

자극 신호의 전압 변동은 핵심적인 스트레스 테스트 툴입니다. 디지털 DUT에 다양한 전압 레벨, 특히 해당 장치의 로직 임계값 바로 아래의 레벨을 적용하면 장치의 전반적인 성능과 신뢰성을 예측할 수 있습니다. 간헐적이고 추적하기 어려운 오류가 있는 DUT의 경우 전압이 낮아지면 거의 분명하게 “확실한” 오류로 바뀌게 됩니다.

그림 43에는 몇 가지 개별 로직 레벨을 생성하도록 DTG를 프로그래밍한 효과가 나와 있습니다. 여기서는 몇 가지 명령의 결과가 누적

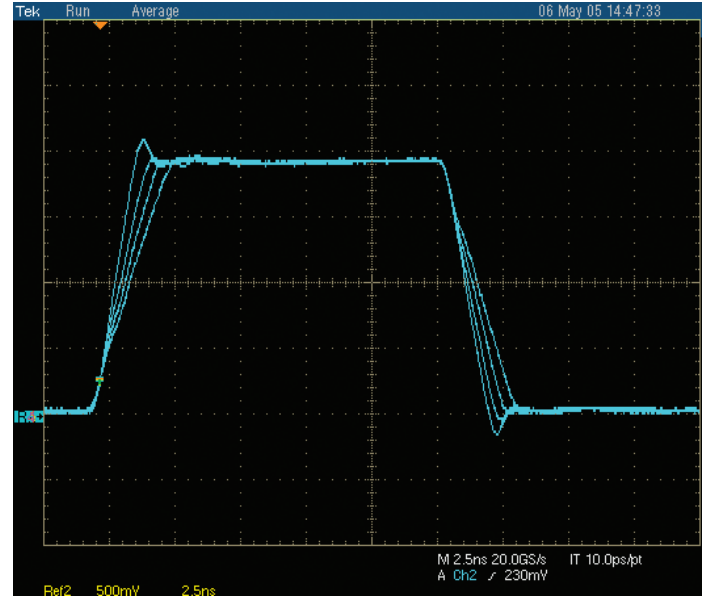


그림 44. 패턴 발생기 출력 신호에 포함된 프로그래밍 상승 시간 변화

형태로 표시되어 있지만 실제 계측기는 패턴 전반에 단일 전압 레벨을 적용합니다.

디지털 설계에서 에지 트랜지션 시간 또는 상승 시간은 또 다른 주요 문제 원인입니다. 에지 트랜지션이 느린 펄스는 데이터에 클럭을 적용하는 데 필요한 시간 내에 순서상 다음 장치를 트리거하지 못할 수 있습니다. 느린 에지는 또 다른 간헐적 오류의 원인인 경쟁 상태를 일으키는 원인으로 잘 알려져 있습니다. 누적되는 수많은 설계 요소, 특히 분산된 정전 용량 및 인덕턴스는 펄스가 소스에서 대상으로 이동하는 동안 상승 시간을 저하시킬 수 있습니다. 따라서 엔지니어들은 회로가 광범위한 상승 시간을 처리할 수 있도록 만들기 위해 노력합니다. 전압 변화와 마찬가지로, 펄스 에지 속도를 늦추는 것은 모든 스트레스 및 마진 테스트 계획의 일부입니다. 에지 속도 변화는 DTG의 출력에 딸려있는 이상신호 시간 컨버터를 사용하여 이루어집니다. 그림 44에는 프로그램 가능한 에지 속도 기능의 효과가 나와 있습니다.

DTG의 기능은 디지털 테스트 애플리케이션 전용이므로 AWG 또는 AFG가 따라올 수 없는 정밀 시퀀서, 다수의 출력, 다양한 패턴 데이터 소스, 전용 디스플레이와 같은 독특한 장점을 가지고 있습니다.

내장 메모리는 철저한 디지털 장치 테스트에 필요한 수백만 개의 패턴 워드(다른 명칭: 벡터)를 저장하기에 충분한 용량을 제공하지 못합니다. 따라서 데이터 및 패턴 발생에 절대적인 필수 기능인 정밀 시퀀서가 패턴 발생기에 장착되었습니다. 패턴 발생기는 엄청나게 길고 복잡한 패턴을 제공해야 하며, 일반적으로 패턴 발생기의 시퀀서에 분기 실행을 지시하는 DUT의 출력 조건이 되는 외부 이벤트에 반응해야 합니다. 일반적으로 최대 채널당 64Mb에 이르는 패턴 메모리 용량에도 불구하고, DTG에는 AWG처럼 짧은 패턴 세그먼트에 루프를 적용하여 훨씬 긴 데이터 스트림을 만들어내는 기능이 있습니다. DTG는 외부 이벤트 또는 트리거를 기다린 다음 일련의 반복 카운트 또는 조건적인 점프를 실행합니다. 더불어 DTG의 시퀀서는 다양한 수준의 루프 네스팅 및 분기 조건을 제공합니다. 또한 일반 프로그래밍 규칙을 사용하여 제어할 수 있고, 상상 가능한 거의 모든 디지털 장치에 적용되는 주소, 데이터, 클럭, 제어 신호를 만들 수 있는 툴입니다. DTG의 시퀀서에는 패턴 길이를 무한대로 확장할 수 있는 고유한 기능이 있습니다. 그림 45의 흐름을 따라가보면 몇 가지 짧은 명령과 패턴 세그먼트로 어떻게 수백만 줄의 자극 데이터가 만들어지는지 확인할 수 있습니다.

다수의 출력 또한 DTG를 디지털 설계 애플리케이션에 이상적인 툴로 만들어주는 요소입니다. AWG 또는 AFG의 경우 2개 또는 4개의 출력이 있지만, 패턴 발생기는 8, 32개 또는 수백 개에 이르는 출력 채널을 통해 일반적인 디지털 장치의 수많은 데이터 및/또는 주소 입력을 지원합니다. 복잡한 디지털 패턴을 수동으로 입력하는 것

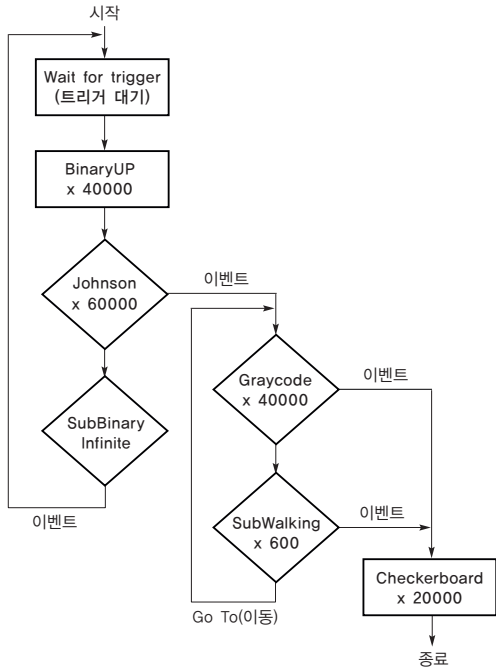


그림 45. 루프와 조건부 이벤트를 보여주는 DTG의 시퀀스 흐름

은 불가능할 정도로 지루하고 오류에 취약하므로, 최신 DTG는 로직 애널라이저, 오실로스코프, 시뮬레이터 또는 스프레드시트에서 데이터를 받아들일 수 있어야 합니다. 또한 디지털 데이터는 일반적으로 설계 프로세스의 다양한 시뮬레이션 및 검증 단계에서 사용할 수 있습니다.

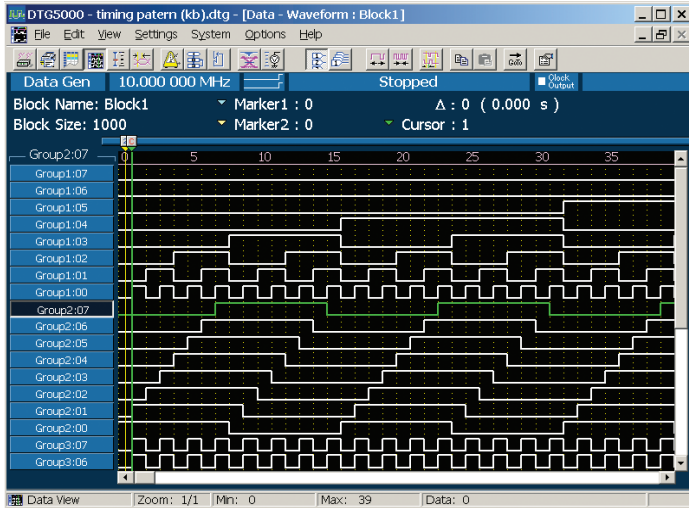


그림 46. 멀티 채널 DTG의 버스 타이밍 디스플레이

DTG의 디스플레이는 AWG의 디스플레이처럼 신호 진폭 대 시간의 세부 정보가 아니라 여러 채널의 패턴 데이터 세부 정보를 동시에 표시하는 데 중점을 두어야 합니다. 또한 사용자가 관심 데이터에 집중할 수 있도록 마커, 스크롤 및 기타 시간 절감 기능을 제공해야 합니다. 그림 46에 멀티 채널 패턴 발생기 디스플레이의 예가 나와 있습니다.

마지막으로 DTG는 흔히 전압 정밀도, 상승 시간 성능, 에지 위치 등을 포함한 핵심적인 에지 특성이 필요한 테스트에 사용됩니다. 불행히도 계측기의 전면부 커넥터에서 고품질 신호를 제공하는 것만으로는 충분하지 못합니다. 신호의 타이밍과 에지 세부 정보를 심각하게 저하시킬 수 있는 케이블과 커넥터를 거쳐 계측기로부터 1미터 이상 떨어진 테스트 픽스처까지 신호를 전송해야 하는 경우가 흔하기 때문입니다. 일부 최신 패턴 발생기는 신호를 버퍼링하고 계측



그림 47. DG2020A 패턴 발생기에는 외부 신호 인터페이스 포트가 사용됩니다.

기의 성능을 DUT까지 온전하게 이끌어내는 외부 신호 인터페이스로 이러한 문제를 해결하고 있습니다. 그림 47에 외부 신호 인터페이스를 사용하는 DG2020A 패턴 발생기가 나와 있습니다. 해당 인터페이스는 케이블 정전 용량으로 인한 상승 시간 저하를 최소화하며, “로딩 다운” 없이 DUT 입력을 구동하기에 충분한 로컬 전류를 제공합니다.

로직 시그널 소스의 시스템 및 컨트롤

그림 48에 첨단 로직 시그널 소스인 텍트로닉스 DTG5334 데이터 타이밍 발생기가 나와 있습니다.

로직 소스는 혼합 신호 소스와 마찬가지로 메뉴 기반 작동 기능과 함께 타이밍 및 레벨 설정과 같이 흔히 사용되는 기능을 빠르게 조작할 수 있도록 전면부에 직접 액세스 버튼 조합을 제공합니다. 최신 로직 소스의 경우 디지털 요구 조건에 대응하는 전문적인 사용자 친화적 기능과 함께, AWG와는 뚜렷이 차별화된 패턴 개발 툴이 광범위하게 통합되고 있습니다.

그림 48에 나와있는 **타이밍 제어 화면**은 표시된 계측기의 Windows 기반 아키텍처를 반영하는 것입니다. 다른 모델은 다양한 유형의 전용 인터페이스를 사용합니다. Windows 환경은 업계 표준 네트워크, 주변기기, USB와 같은 I/O 버스에 손쉽게 연결할 수 있는 장점을 제공합니다. 앞서 AWG 부분에서 설명한 것처럼 편집/제어 화면은 패턴 시퀀스 생성, 레벨 설정, 일반 데이터 입력에 필요한 시각적 매체입니다. 일부 로직 소스는 내장 디스플레이와 더불어 더 큰 외부 모니터를 구동하는 데 사용할 수 있는 별도의 VGA 출력을 제공하기도 합니다.

대다수의 계측기는 데이터 값 설정, 타이밍 및 진폭 값 설정과 같이 가장 흔히 조정되는 기능에 해당하는 전면부 **단축키 버튼**을 제공합니다. 이러한 버튼을 사용하면 값을 설정하기 위해 일련의 메뉴를 거칠 필요가 없으므로 시간이 절감됩니다.

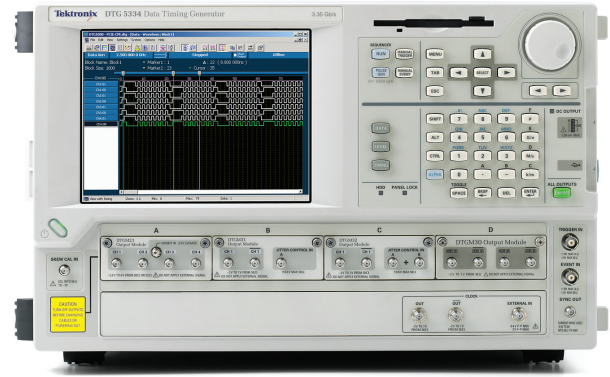


그림 48. 고성능 로직 소스: 텍트로닉스 DTG5334 데이터 타이밍 발생기

Run/Stop Sequence(시퀀스 실행/정지) 버튼으로 저장된 시퀀스를 시작할 수 있습니다. 정해진 조건이 적용되고 있다고 가정할 때, 이 버튼을 누르면 기본 출력 커넥터에서 패턴 데이터의 스트리밍이 시작됩니다. 일반적으로 정해진 조건이란, 트리거가 존재하며 (**Manual Trigger**(수동 트리거) 버튼 또는 **External Trigger**(외부 트리거) 입력을 통해 제공), **Output On/Off**(출력 온/오프) 버튼에서 출력이 활성화된 상태를 말합니다. **Output On/Off**(출력 온/오프) 버튼은 일반적으로 테스트 프로그램을 개발할 때 연결된 DUT로 데이터가 전송되는 것을 방지하기 위해 출력 신호를 차단하는 데 사용됩니다.

Menu/Navigation(메뉴/탐색) 키, **스크롤 노브**, **숫자 키패드**는 프로그램 개발에 사용됩니다. Menu/Navigation(메뉴/탐색) 키를 누르면 메뉴가 열리며, 스크롤 노브와 키패드는 타이밍 값, 2진수 데이터 등과 같은 수치 데이터 입력에 사용됩니다.

오늘날 로직 그룹과 버스 아키텍처의 다양하고 계속 발전 중인 전기적 요구 조건에 따라 모듈형 출력이 선호 솔루션이 되어가고 있습니다. 모듈은 특정 로직 그룹의 특정한 임피던스, 전류, 전압 파라미터에 최적화하여 관심 범위 내에서 가능한 최상의 정밀도를 보장할 수 있습니다. 더구나 모듈형 출력을 활용하면 불필요한 모듈의 비용이 절감됩니다. 또한 계측기에 최소 하나에서 최대 32개까지의 출력을 장착할 수 있습니다.

전면부에서 보이지는 않지만 중요한 부분으로 후면부의 동기화 출력부가 있습니다. 이 신호는 획득 장비, DUT 자체 또는 다른 시그널 소스를 동기화하는 데 사용할 수 있습니다. 참고로 전면부의 Sync Output(동기화 출력)도 일반적인 동기화 작업에 사용할 수 있습니다.

성능 용어 및 고려 사항

디지털 시그널 소스는 대응하는 아날로그 제품인 AWG 및 AFG와 다수의 성능 파라미터를 공유합니다.

데이터 전송률

데이터 전송률이란 디지털 시그널 소스가 2진수 정보의 전체 사이클을 출력할 수 있는 속도를 의미합니다. 사이클에 포함된 실제 데이터 비트는 상태가 변경되거나 그렇지 않을 수 있습니다. 사이클 경계 사이의 시간에 따라 초당 메가비트 또는 기가비트 단위의 데이터 전송률이 결정됩니다.

패턴 심도

AWG의 메모리 용량처럼 패턴 심도는 패턴 발생을 위해 저장할 수 있는 데이터의 최대 양을 결정하는 요소입니다. 메모리가 많을수록 더 많은 패턴 변화를 저장할 수 있습니다. 디지털 시그널 소스는 시퀀싱 기법을 사용하여 거의 무한의 패턴 워드 조합을 만들어냅니다.

수직(진폭) 분해능

수직(진폭) 분해능이란 시그널 소스에 프로그래밍할 수 있는 전압 변화의 최소 증분을 가리킵니다. 디지털 측면에서 이 수치는 정해진 장치 그룹에 적합하게 설정된 로직 레벨과 연관이 있습니다. 이 레벨은 일반적으로 “고정”되어 있기는 하지만 스트레스 테스트(예: 저전압 테스트)가 가능하도록 특정 범위 내로 수정할 수 있습니다. 수직 분해능은 이러한 변화의 증분을 결정합니다.

수평(시간) 분해능

수평(타이밍) 분해능이란 에지, 사이클 시간 또는 펄스 폭을 변경할 수 있는 최소 시간 증분을 의미합니다.

출력 채널

디지털 패턴 소스는 대응하는 아날로그 제품과 달리 일반적으로 다수의 DUT 입력을 한번에 구동합니다. 단일 디지털 컴포넌트 또는 버스에 8, 16개 또는 그 이상의 시그널 소스 출력이 필요할 수 있습니다. 계측기는 다수의 신호를 하나처럼 조작할 수 있도록 이러한 신호를 그룹으로 통합하는 수단을 제공해야 합니다. 일반적인 예는 모든 주소 신호를 한 그룹에 할당하고, 모든 데이터 신호를 다른 그룹에 할당하며, 쓰기 가능 신호를 또 다른 그룹에 할당하는 것입니다. 이러한 형식이라면 스트레스 테스트와 마찬가지로 모든 주소 라인에서 전압을 한번에 감소시킬 수 있습니다.

시퀀싱

시퀀싱은 디지털 패턴 발생의 토대입니다. 소스의 내장 시퀀서는 점프 및 루프와 같은 컴퓨터 구조를 사용하여 개별적으로 정의된 다수의 패턴 데이터 블록 사이를 전환할 수 있습니다. 블록이란 간단히 512 사이클과 같이 지정된 길이의 재사용이 가능한 세그먼트를 의미합니다. 이를 통해 디지털 장치를 철저하게 테스트하는 데 사용할 수 있는 수많은 변화가 만들어집니다.

통합 편집기

디지털 패턴 편집을 실제로 실행하려면 편집 툴이 필요합니다. 일부 고성능 디지털 시그널 소스는 통합 편집 기능을 제공하므로 외부 컴퓨터 및 편집기가 필요하지 않습니다. 이러한 편집기를 사용하면 클럭과 데이터 스트림을 모두 설정하여 계측기 화면에 파형의 사실적인 조망을 표시할 수 있습니다. 또는 테이블 편집기에서 익숙한 스프레드시트 형식으로 공통적인 잘라내기 및 붙여넣기 기법을 사용하여 패턴을 구성할 수 있습니다.

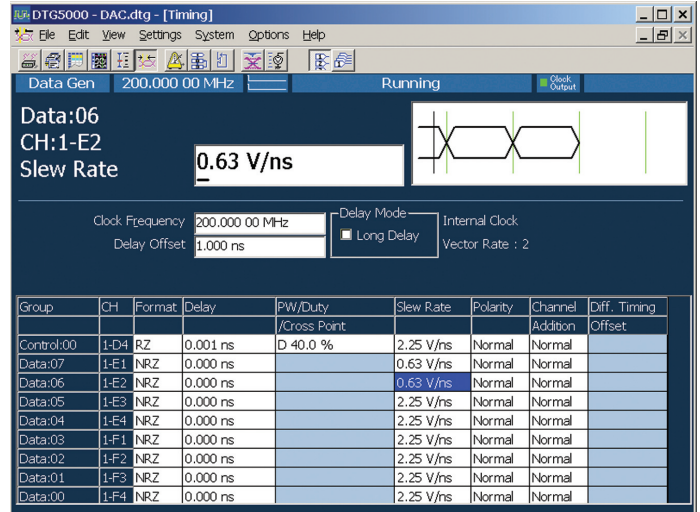


그림 49. 편집/제어 화면

데이터 가져오기 기능

최신 디지털 패턴 소스는 EDA 시스템 및 기타 계측기에서 디지털 패턴을 가져올 수 있습니다. 그러면 시제품 검증 전용으로 패턴을 개발할 필요가 없고 시간이 많이 소요되는 단계를 생략할 수 있어 설계 검증에 유용합니다.

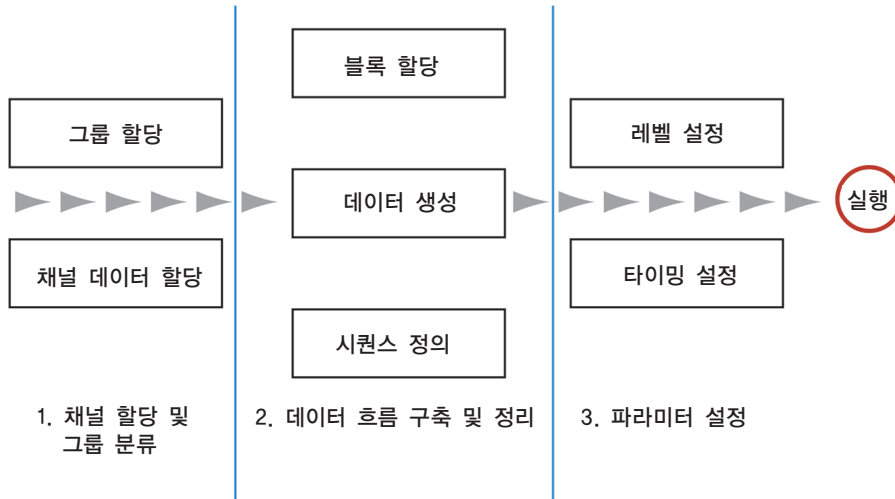


그림 50. 로직 시그널 소스를 사용하여 디지털 신호를 생성하는 각 단계

로직 시그널 소스를 사용한 파형 생성

디지털 자극 패턴으로 사용할 “파형”을 개발하려면 아날로그 영역과 다른 절차가 필요합니다. 고성능 로직 소스에서 해당 프로세스는 유사한 신호의 그룹을 정의하고, 클럭 및 지터 패턴을 적용하며, 로직 레벨을 설정하는 것입니다.

그림 49에 DTG5000 시리즈의 전압 편집 화면이 나와 있습니다. 그림 50은 로직 시그널 소스를 사용하여 디지털 자극 신호를 생성하는 데 필요한 절차를 요약한 간소화된 흐름도입니다.

로직 소스는 이러한 디지털 장치의 요구에 대응하여 데이터 채널을 장치의 입력 및 출력 핀과 일치하도록 그룹으로 분류하는 기능을 제공합니다. 이러한 방법을 통해 계측기 메모리에 저장된 정보를 선택한 출력 채널로 분배할 수 있습니다. 대부분의 디지털 DUT에는 클럭, 주소, 데이터 핀의 그룹이 존재하며, 이를 로직 소스에서 동등한 채널 그룹으로 매핑할 수 있습니다. 이러한 구조를 통해 전체 핀 그룹에서 전압 또는 지연과 같은 값을 한번에 하나가 아닌 여러 개를 손쉽게 변경할 수 있습니다.

다음 단계는 시퀀스를 구성할 패턴 “블록”을 만드는 것입니다. 블록이란 예를 들어 1024비트와 같이 선택된 길이의 패턴 버스트를 의미합니다. 일반적인 방법은 테스트 시퀀스가 진행됨에 따라 다양한 조합으로 사용할 수 있는 일단의 배치를 만드는 것입니다.

적절한 수의 블록을 정의한 후에는 블록에 데이터를 채워야 합니다. 일부 로직 소스는 “Walking Ones,” “Checkerboard,” “Grey Code” 등과 같은 표준적인 형식의 사전 정의 패턴 라이브러리를 제공합니다. 이와 같이 서로 다른 패턴이 포함된 블록을 번갈아 배치함으로써 DUT에 막대한 수의 패턴 변화로 스트레스를 가할 수 있습니다. 이 작업에는 내장 시퀀스 편집기가 유용합니다. 시퀀스를 프로그래밍하는 것은 테이블에 블록 순서, 반복 횟수, 점프 및 Go To 선언과 같은 기타 조건에 따른 명령을 채우는 간단한 작업입니다.

신호 생성의 마지막 단계는 DUT에 적용할 로직 전압과 타이밍 조건을 지정하는 것입니다. 현재 전세계에는 수없이 다양한 로직 장치 그룹뿐 아니라 다양한 구동 레벨 요구 조건이 존재합니다. 다행히 첨단 디지털 시그널 소스는 이러한 요구를 만족하는 사전 구성된 설정을 제공합니다(사용자 프로그래밍 설정 또한 가능함). 기타 변수로는 종단 임피던스, 종단 전압 데이터 형식(RZ, NRZ 등), 클럭 주파수, 에지 지연 등이 있습니다. 다시 말하지만 간단한 표를 통해 이 모든 데이터를 입력할 수 있습니다.

결론

대부분의 엔지니어는 문제 해결 및 설계 검증과 같은 작업을 전적으로 "측정" 문제로 간주하며, 오실로스코프 또는 로직 애널라이저를 문제의 완전한 해결책이라고 수동적으로 생각하는 경향이 있습니다. 하지만 위와 같은 획득 장비를 활용하려면 중요한 파트너 즉, 자극 장비인 신호 발생기가 필요합니다.

자극 장비와 획득 장비가 합쳐지면 복잡한 실제 신호로 DUT를 구동하고 그 결과인 출력을 획득할 수 있는 완전한 솔루션이 구축됩니다. 오실로스코프는 업계 표준의 획득 툴입니다. 하지만 엔지니어들이 장치에 입력되는 신호를 실제로 제어할 수 있는 장비는 신호 발생기뿐입니다. 또한 신호 발생기는 장치에서 출력되는 신호를 해석하는 데에도 필수적인 경우가 많습니다.

더불어 신호 발생기는 마진 테스트와 특성 분석도 지원합니다. 신호 발생기와 함께 오실로스코프 또는 로직 애널라이저를 활용하면 소스에 의도적인 스트레스를 삽입하고 오실로스코프로 그 결과를 측정하거나, 디지털 오류가 발생할 때 로직 애널라이저로 데이터를 캡처함으로써 디자인의 성능 한계를 탐색할 수 있습니다.

디스크 드라이브 설계부터 통신 적합성 테스트에 이르는 애플리케이션에서 신호 발생기와 획득 장비는 함께 완벽한 측정 솔루션을 이룹니다.

용어집

수차 - 파형에 포함된 오버슈트 또는 언더슈트

기민성 - 한 주파수에서 다른 주파수로 빠르고 정확하게 변경할 수 있는 역량

앨리어싱 - 관심 주파수 범위에 왜곡된 변환 부산물이 유입되는 현상

진폭 - 신호 양 또는 세기의 정도. 전자 공학에서 진폭은 일반적으로 전압 또는 전력과 관련이 있습니다.

진폭 변조(AM) - 진폭 변화를 통해 더 높은 주파수의 캐리어 신호에 낮은 주파수의 정보를 삽입하는 아날로그 변조의 일종으로, 방송 통신 분야에서 가장 흔히 사용됩니다.

진폭 분해능 - 수직 분해능 참조

ASK(진폭 변화 키잉) - 디지털 변조 신호가 출력 주파수를 두 진폭 사이에서 전환하도록 만드는 디지털 변조 방식의 일종

아날로그 신호 - 전압이 지속적으로 변화하는 신호

ADC(아날로그-디지털 컨버터) - 연속적인 아날로그 신호를 비례되는 개별 2진수(디지털) 값으로 변환하는 디지털 전자 컴포넌트

임의 - 신호 발생기 고유의 특성이 아니라 개인적인 선호도 또는 편의에 따라 정의되는 파형

AFG(임의/함수 발생기) - 표준 형태의 안정적인 파형을 만들어내는 아날로그/혼합 신호 발생기의 일종

AWG(임의 파형 발생기) - 메모리에서 생성된 임의의 아날로그 신호의 출력이 가능한 아날로그/혼합 신호 발생기의 일종으로, 지속적으로 변화하는 AC 신호의 전압 레벨을 묘사하는 저장된 디지털 데이터를 기반으로 파형을 제공하는 정밀한 재생 시스템

감쇠 - 신호가 한 포인트에서 다른 포인트로 전송되는 동안의 신호 진폭 감소

대역폭 - 주파수 범위로, 일반적으로 -3dB로 제한됨

블록 - 로직 시그널 소스의 디지털 시퀀스 출력으로 구성되는 선택된 길이(예: 1024비트)의 패턴 버스트

특성 분석 - 신호 발생기를 사용하여 컴포넌트, 장치 또는 시스템의 작동 한계를 결정하는 일반적인 애플리케이션으로, 스트레스 테스트 또는 마진 테스트가 활동의 일부로 포괄되는 애플리케이션

클럭 발생기 - 직각파만을 출력할 수 있는 신호 발생기이며, 주로 클럭 소스로 사용됨

클럭 속도 - 샘플링 속도 참조

상보 출력 - 2개의 신호 경로를 사용하여 동일한 진폭의 동일 신호 사본을 하나만 반전하여 전송하는 출력 방식

연속 모드 - 파형 또는 시퀀스의 헤드에서 시작되는 출력이 즉시 개시되어 꺼질 때까지 반복되는 신호 발생기의 작동 모드

커서 - 파형에 정렬하여 더 정확하게 측정하는 데 활용할 수 있는 화면상의 마커로, 신호 발생기의 경우 수정할 수 있는 파형 사이의 영역을 선택하는 데 사용됨

감쇠 사인파 - 회로가 임펄스로부터 진동하다가 시간이 지나면서 사라지는 사인파의 일종

데이터 패턴 발생기 - 단일 또는 복수의 디지털 패턴 스트림을 발생시키는 신호 발생기의 일종으로, 패턴 발생기 또는 데이터 발생기라고도 칭함

데이터 전송률 - 디지털 시그널 발생기가 2진수 정보의 전체 사이클을 출력할 수 있는 속도를 의미하며, 일반적으로 초당 메가비트 또는 기가비트의 단위로 지정됨

DC 정밀도 - 설정 전압과 실제 출력 전압 사이의 차이

지연 - 유사한 두 신호 사이의 타이밍 차이를 의미하며, 위상 변화라고도 칭함

DNRZ(Delayed Non-Return-to-Zero) - 사이클이 2진수 "0"으로 시작되었다고 가정할 때, 사이클 내에 유효한 비트가 발생하면 파형이 "1"로 전환되며 지정된 시간 지연을 변화시키고 다음 사이클 경계가 될 때까지 그 값을 유지하는 일반적인 디지털 패턴

DUT(테스트 대상 장치) - 측정에 사용되는 장치로, UUT(테스트 대상 유닛)와 동의어임

차동 출력 - 2개의 신호 경로를 사용하여 동일한 진폭의 동일 신호 사본을 전송하는 출력으로, 하나의 신호 경로는 반전되며 접지가 아니라 서로 상대적인 진폭이 측정됨

디지털 패턴 - 8, 12, 16 또는 그 이상의 비트 폭이 될 수 있는 데이터의 "워드"를 구성하는 복수의 동기화된 펄스 스트림

디지털 신호 - 전압 샘플이 개별 2진수로 표현되는 신호

디지털 파형 발생기 - 디지털 패턴을 출력하는 신호 발생기의 일종으로, 로직 시그널 소스라고도 칭함

DAC(디지털-아날로그 컨버터) - 개별 2진수 값을 전기 신호로 변환하는 디지털 전자 컴포넌트

DDS(직접 디지털 합성) 기술 - 단일 클럭 주파수를 사용하여 계측기의 범위 내에 속한 주파수를 산출하는 방법으로 파형을 합성하는 기술로, 신호 발생기의 메모리에서 클럭 출력될 샘플의 속도가 결정됨

왜곡 - 분산된 정전 용량, 크로스톡 등과 같은 실제 회로의 부산물

듀티 사이클 - 고저 시간의 간격이 동일한 길이가 아닌 파동 또는 펄스의 변화로, 펄스의 +쪽 지속 시간 대 -쪽 또는 0 지속 시간과의 비율

방정식 편집기 - 신호 발생기에 포함된 통합 수학 툴로 사용자가 변수와 연산자를 입력할 수 있고, 장비에서 구문을 검사한 후 결과 파형을 컴파일 및 저장함

이벤트 입력 - 신호 발생기의 시퀀싱 기능과 함께 사용됩니다. 신호 발생기가 이벤트 입력 신호(TTL 로직 신호)를 수신하면 시퀀스 내의 다음 라인 또는 파형으로 이동합니다.

하강 시간 - 펄스 에지가 현재 레벨과 반대되는 상태로 트랜지션하는 데 필요한 시간의 양, 상승 시간의 경우 저레벨에서 고레벨, 하강 시간의 경우 고레벨에서 저레벨

필터링 - 신호 발생기가 신호에서 선택한 주파수 대역을 제거하는 프로세스이며, DUT 출력에서 불필요한 앨리어싱 왜곡을 방지하는 데 사용할 수 있음

평탄도 - 사인파를 출력할 때 출력 주파수에서 레벨이 변화되는 정도

주파수 - 1초 동안 신호가 반복되는 횟수이며, 측정 단위는 헤르츠(초당 사이클 수)입니다. 주파수는 1/사이클과 같습니다.

주파수 변조(FM) - 주파수 변화를 통해 더 높은 주파수의 캐리어 신호에 낮은 주파수의 정보를 삽입하는 아날로그 변조의 일종으로, 방송 통신 분야에서 가장 흔히 사용됩니다.

FSK(주파수 변화 키잉) - 캐리어 신호가 중심 주파수와 오프셋 주파수의 두 주파수 사이에서 전환하는 디지털 변조 방식의 일종

FG(함수 발생기) - 사인파 또는 직각파와 같은 기본적인 파동을 출력하는 신호 발생기의 일종

기가헤르츠(GHz) - 1,000,000,000헤르츠를 나타내는 주파수 단위

클리치 - 회로 또는 파형의 간헐적인 고속 오류

그래픽 편집기 - 신호 발생기에 포함된 통합 툴로, 사용자가 파형의 사실적인 묘사를 구성하고 볼 수 있으며, 결과 데이터 포인트는 컴파일 후 파형 메모리에 저장됨

수평 분해능 - 파형을 만드는 데 사용할 수 있는 최소 시간 증분으로, 에지, 사이클 시간 또는 펄스 폭을 변경할 수 있는 최소 시간 증분

수평 시스템 - 신호 발생기 내에서 샘플링 속도를 제어함으로써 출력 신호의 주파수를 정의하는 시스템

통합 편집기 - 신호 발생기에 포함된 통합 편집 툴로 파형의 시간과 진폭을 손쉽게 편집 및 수정하도록 지원

심볼 간 간섭 - 선행 사이클에 속한 신호의 상태에 따른 영향으로 발생하는 한 사이클 내 신호의 왜곡 또는 변형

지터 - 사이클 또는 주파수가 안정화되지 않았음을 나타내는 결함의 일종

킬로헤르츠(kHz) - 1,000헤르츠를 나타내는 주파수 단위

로직 애널라이저 - 시간 경과에 따른 여러 디지털 신호의 로직 상태를 시각적으로 표시하는 장비이며, 디지털 데이터를 분석하고 해당 데이터를 실시간 소프트웨어 실행, 데이터 흐름 값, 상태 시퀀스 등으로 표현할 수 있는 장비

로직 시그널 소스 - 펄스 또는 패턴 발생기와 같이 디지털 패턴을 출력하는 신호 발생기의 일종

마진 테스트 - 신호 발생기를 사용하여 지터 또는 타이밍 위반 등의 결함으로 컴포넌트, 장치 또는 시스템에 스트레스를 가하여 작동 한계를 결정하는 일반적인 애플리케이션으로, 스트레스 테스트라고도 칭함

마커 - 신호 발생기의 기본 출력과 구분되는 보조 출력으로, DUT의 트리거 신호로 사용될 수 있는 보조 디지털 채널이나 직렬 디지털 패턴을 출력하는 데 사용할 수 있는 보조 디지털 채널

마커 출력 - 기본 아날로그 출력 신호와 동기화된 2진수 신호를 제공하는 디지털 출력의 일종으로, 흔히 기본 파형 메모리와 독립적인 메모리에서 구동됩니다.

메가헤르츠(MHz) - 1,000,000헤르츠를 나타내는 주파수 단위

초당 메가샘플(MS/s) - 초당 1,000,000 샘플에 해당하는 샘플링 속도 단위

메모리 용량 – 신호의 레코드를 생성하는 데 사용되는 파형 포인트의 수로, 아날로그/혼합 신호 발생기에 저장할 수 있는 파형 데이터의 최대 양(시간과 동등)을 결정하는 요소

마이크로초(μ s) – 0.000001초에 해당하는 시간 단위

밀리초(ms) – 0.001초에 해당하는 시간 단위

혼합 신호 발생기 – 임의 파형 발생기 또는 임의/함수 발생기와 같은 신호 발생기의 일종으로, 아날로그 파형과 디지털 패턴을 모두 출력함

변조 신호 – 진폭, 위상 및/또는 주파수 변화를 통해 높은 주파수의 캐리어 신호에 낮은 주파수의 정보가 삽입된 신호

나노초(ns) – 0.000000001초에 해당하는 시간 단위

노이즈 – 전기 회로의 불필요한 전압 또는 전류

NRZ(Non-Return-to-Zero) – 사이클이 이진수 “0”으로 시작되었다고 가정할 때, 사이클 내에 유효한 비트가 발생하면 파형이 “1”로 전환되며 다음 사이클 경계가 될 때까지 그 값을 유지하는 일반적인 디지털 패턴

Nyquist 샘플링 원칙 – 정확한 신호 재현을 보장하려면 샘플링 주파수 또는 클럭 속도가 샘플링된 신호의 최고 주파수 컴포넌트보다 최소 2배 이상이어야 한다고 기술한 원리

오프셋 – AC 및 DC 값이 모두 포함된 신호의 DC 성분으로, 회로 접지와 신호 진폭 중심 사이의 전압

오프셋 레벨 – 0 또는 접지 레벨을 기준으로 한 파형의 수직 변위 (볼트 단위)

출력 신호 – 메모리에 로드되고 실행 명령을 받은 파형, 패턴 또는 시퀀스 파일, 전면부 출력 커넥터를 통과하는 신호

병렬 디지털 출력 – 신호 발생기의 기본 아날로그 출력과 동일한 메모리에서 디지털 데이터를 취하고 아날로그 출력에 존재하는 파형 샘플 값의 디지털 동등 신호를 저장하는 디지털 출력의 일종

패턴 – 디지털 패턴 참조

패턴 심도 – 신호의 레코드를 생성하는 데 사용되는 파형 포인트의 수로, 패턴 발생을 위해 로직 시그널 소스에 저장할 수 있는 파형 데이터의 최대 양(시간과 동등)을 결정하는 요소

패턴 편집기 – 신호 발생기에 포함된 통합 편집 툴로 패턴의 시간과 진폭을 수정 및 편집할 수 있음

패턴 발생기 – 다수 채널의 디지털 패턴을 발생시키는 로직 시그널 소스의 일종으로, 데이터 발생기라고도 칭함

피크(V_p) – 0 레퍼런스 포인트에서 측정된 최대 전압 레벨

피크 대 피크(V_{p-p}) – 신호의 최대 포인트에서 최소 포인트까지 측정된 전압

사이클 – 파동이 하나의 사이클을 완료하는 데 소요되는 시간, 사이클은 1/주파수와 같습니다.

위상 – 사이클 시작에서 다음 사이클이 시작되기까지 경과된 시간으로, 측정 단위는 각도임

위상 변조(PM) – 위상 변화를 통해 더 높은 주파수의 캐리어 신호에 낮은 주파수의 정보를 삽입하는 아날로그 변조의 일종으로, 방송 통신 분야에서 가장 흔히 사용됩니다.

위상 변화 – 유사한 두 신호 간의 타이밍 차이를 의미하며, 지연이라고도 칭함

PSK(위상 변화 키잉) – 캐리어 신호가 두 위상 설정 사이에서 스위칭하는 디지털 변조의 일종

극성 – 전류가 0 또는 접지 레벨에 상대적으로 흐르는 방향, 일반적으로 + 또는 -인 파형의 시작 방향을 가리킴

PRBS(의사 무작위 비트 스트림) - 무작위로 나타나지만 예측 가능한 수학적 패턴을 따르며 무작위 비율로 반복되는 다수의 스트림으로 구성된 일련의 시퀀스, 디지털 시스템에서 무작위 노이즈를 만드는 데 사용됨

PRWS(의사 무작위 워드 스트림) - 신호 발생기의 모든 병렬 출력 전반에 얼마나 많은 의사 무작위 비트 스트림이 존재할지 정의하는 워드 스트림으로, 흔히 시리얼라이저 또는 멀티플렉서를 테스트할 때 사용됨

펄스 - 빠른 상승 에지, 폭, 빠른 하강 에지가 있는 일반적인 파형 형태

펄스 패턴 발생기 - 대개 아주 높은 주파수에서 소수의 출력으로부터 사각파 또는 펄스의 스트림을 구동할 수 있는 로직 시그널 소스의 일종으로, 펄스 발생기라고도 칭함

펄스 타이밍 발생기 - 펄스 발생기와 유사하지만 지연 또는 채널 간 스큐 등과 같은 펄스 타이밍에 대한 제어 기능이 추가된 장비입니다. 또한 출력 신호의 전압 및 상승 시간에 대한 파라미터 제어 기능도 포함될 수 있습니다.

펄스 트레인 - 함께 이동하는 펄스의 집합

펄스 폭 - 펄스가 저점에서 고점으로 갔다가 다시 저점으로 돌아오는 데 소요되는 시간의 양으로, 일반적으로 최대 전압의 50%에서 측정됨

PWM(펄스 폭 변조) - 변조 신호가 펄스의 활성 펄스 폭을 변화하도록 만드는 디지털 변조의 일종으로 펄스 파형에 한해 적용 가능하며, 일반적으로 디지털 오디오 시스템에서 사용함

직교(IQ) 변조 기술 - 등위상(I) 파형과 직교 위상(Q) 파형의 두 캐리어 신호가 결합되어 한 채널로 전송된 다음 수신측에서 분리 및 복조되는 변조 기술의 일종으로, 현재 무선 통신 네트워크에서 널리 사용됨

램프 - 일정한 속도로 변화하는 사인파의 전압 레벨 간 트랜지션

레코드 길이 - 신호의 레코드를 생성하는 데 사용되는 파형 포인트의 수로, 아날로그/혼합 신호 발생기의 경우 메모리 용량, 로직 시그널 소스의 경우 패턴 심도에 해당

직각파 - 고저 시간의 간격이 동일한 길이가 아니라는 점을 제외하면 사각파와 유사한 스위칭 특성을 가진 파동

구역 이동 - 아날로그/혼합 신호 발생기에 포함되는 기능으로, 지정된 파형의 에지를 왼쪽 또는 오른쪽, 프로그래밍된 중심 값에 가까이 또는 멀리 이동함으로써 계측기의 분해능을 초과하는 지터 시뮬레이션 조건과 기타 미세한 에지 위치 변경을 만들어낼 수 있음

복제 - 신호 발생기에서 사용할 파형을 개발하는 데 사용되는 방식으로, 오실로스코프에서 기존 신호를 캡처한 다음 신호 발생기에 전송하여 재생성하는 작업이 포함됨

R1(Return-to-One) - 사이클이 이전 수 "1"로 시작되었다고 가정할 때, 유효한 비트가 존재하면 파형이 "0"으로 전환된 다음 같은 사이클 내에서 다시 "1"로 전환되는 일반적인 디지털 패턴으로, RZ의 반대임

RZ(Return-to-Zero) - 사이클이 이전 수 "0"으로 시작되었다고 가정할 때, 유효한 비트가 존재하면 파형이 "1"로 전환된 다음 같은 사이클 내에서 다시 "0"으로 전환되는 일반적인 디지털 패턴

상승 시간 - 펄스 에지가 현재 레벨과 반대되는 상태로 트랜지션하는 데 필요한 시간의 양, 상승 시간의 경우 저레벨에서 고레벨, 하강 시간의 경우 고레벨에서 저레벨

샘플링 - 파형의 곡선을 따르는 일련의 전압 측정치를 나타내는 샘플 또는 데이터 포인트를 사용하여 신호를 정의하는 프로세스

샘플링 포인트 - 파형의 곡선을 따르는 일련의 전압 측정치를 나타내는 데이터 포인트, 파형 포인트를 계산하는 데 사용되는 ADC의 원시 데이터

샘플링 속도 - 아날로그/혼합 신호 발생기에서 전체 파형 사이클을 출력할 수 있는 속도로 일반적으로 초당 메가샘플 또는 기가샘플 단위로 지정되며, 클럭 속도 또는 샘플링 주파수라고도 칭함

톱니파 - 전압이 각 사이클마다 피크까지 느리고 고르게 상승하다가 급속하게 하강하는 파동

화면 - 가시적인 패턴이 생성되는 디스플레이의 표면, 디스플레이 영역

시퀀스 편집기 - 신호 발생기에 포함된 통합 툴로, 파형 메모리와 분리된 시퀀스 메모리에 상주하며 파형 메모리의 특정 세그먼트가 반복되도록 만드는 컴퓨터와 유사한 프로그래밍 명령(점프, 루프 등)이 포함됨

시퀀스 반복 카운터 - 시퀀싱 프로세스에 사용되는 제어 메커니즘으로 작업 사이클의 수와 발생될 순서를 결정함

시퀀싱 - 신호 발생기가 다수의 “가상” 파형 사이클을 장비의 메모리에 저장하고 시퀀스 편집기의 명령에 따라 이를 반복함으로써 거의 무한의 길이로 파형을 생성하는 프로세스

신호 충실도 - 신호의 정확한 재구성으로, 자극 또는 획득 장비의 시스템 및 성능 고려 사항에 의해 결정됨

신호 변조 - 신호 진폭, 위상 및/또는 주파수 변화를 통해 높은 주파수의 캐리어 신호에 낮은 주파수의 정보를 삽입하는 프로세스

시그널 소스 또는 신호 발생기 - 회로 입력에 신호를 주입하는 데 사용되는 테스트 장치로, 이를 통한 회로 출력은 오실로스코프 또는 로직 애널라이저에서 판독되며, 신호 발생기라고도 칭함

시뮬레이션 - 신호 발생기에서 다른 장치의 테스트에 사용할 목적으로 장치의 출력을 모방한 파형을 출력하는 데 사용되는 기법

사인파 - 수학적으로 정의되는 일반적인 곡선 파동 형태

싱글-엔드 출력 - 접지와 상대적인 하나의 경로를 사용하여 신호를 전달하는 출력

기울기 - 그래프 또는 장비 화면에서 수평 거리에 대한 수직 거리의 비율. + 기울기는 왼쪽에서 오른쪽으로 증가하며, - 기울기는 왼쪽에서 오른쪽으로 감소함

SFDR(스퓨리어스 프리 다이내믹 레인지) - 신호 발생기의 사양상 최대 신호 레벨 성능과 자체 노이즈의 비율

사각파 - 반복되는 사각 펄스로 구성되는 일반적인 파형 형태, 정기적인 간격으로 두 고정 전압 레벨 사이에서 스위칭하는 전압

스텝 - 급격한 전압 변화를 보이는 파형

대체 - 신호 발생기에서 사용할 파형을 개발하는 데 사용되는 방식으로, 정의된 신호를 생성 및/또는 수정하여 입수 불가능한 회로의 신호를 대체하는 작업이 포함됨

스위프 발생기 - 지정된 시간 사이클 동안 신호(일반적으로 사인파)의 주파수를 변화시킬 수 있는 함수 발생기

스위프 사인파 - 일정한 시간 사이클 동안 주파수가 상승하는 사인파의 일종

테이블 편집기 - 로직 시그널 소스에 포함된 통합 툴로, 스프레드 시트와 유사한 형식에서 공통적인 잘라내기 및 붙여넣기 기법을 사용하여 패턴을 구성하도록 지원함

타이밍 편집기 - 로직 시그널 소스에 포함된 통합 툴로, 클럭과 데이터 스트림 모두를 설정하여 계측기 화면에 파형의 사실적인 조망을 표시함

타이밍 분해능 - 수평 분해능 참조

트랜스듀서 - 소리, 압력, 응력 또는 광도와 같은 고유 물리량을 전기 신호로 변환하는 장치

삼각파 - 전압이 대칭적인 상승 및 하강 시간을 보이는 파동

트리거 - 신호 발생기에 지정된 신호의 출력을 시작할 시기를 지시하는 외부 신호 또는 전면부 버튼

트리거 레벨 - 외부 트리거 입력 신호로 장비의 작동을 시작하는 데 필요한 + 또는 - 전압 단위의 최소 입력 값

트리거 시스템 - 신호 발생기 내에서 장비가 연속 모드로 작동하고 있지 않다는 가정 하에 장비 출력을 통해 신호를 구동하기 시작하는 조건을 정의하는 시스템

UUT(테스트 대상 유닛) - 측정에 사용되는 유닛으로, DUT(테스트 대상 장치)과 동의어임

검증 - 신호 발생기를 사용하여 컴포넌트, 장치 또는 시스템이 예상대로 작동하며 업계 표준을 따르는지 여부를 결정하는 일반적인 애플리케이션

수직 시스템 - 신호 발생기 내에서 출력 신호의 진폭과 오프셋 레벨을 정의하는 시스템

수직 분해능 - 신호 발생기에 프로그래밍할 수 있는 전압 변화의 최소 증분, 재현된 파형의 진폭 정밀도와 왜곡을 정의하는 장비 DAC의 비트 단위 2진수 워드 폭

볼트 - 전기적 전위차의 단위

전압 - 두 포인트 사이의 전기적 전위차이며 단위는 볼트

파동 - 시간 경과에 따라 반복되는 패턴을 나타내는 포괄적인 용어. 일반적인 유형: 사인, 사각, 직각, 톱니, 삼각, 스텝, 펄스, 주기적, 비주기적, 동기, 비동기 파동

파형 - 파동의 활동 및 시간에 따른 변화의 그래픽 표현

파형 포인트 - 특정 시점의 신호 전압을 나타내는 디지털 값, 샘플 포인트에서 계산되어 메모리에 저장됨

[illegible]

텍트로닉스가 제공하는 다른 입문서:

임의 파형 발생기를 사용한 무선 신호 생성

설계자용 직렬 트랜스미터 및 리시버 측정 가이드

임의 발생기에 가치 추가(백서)

신호 발생기 방법론 이해(기술 보고서)

실시간 스펙트럼 분석의 기초

DVB-T 및 DVB-H에서 RF 측정

SDRAM 메모리의 기초

타이밍 분석의 기초

신호 무결성의 기초

설계자용 신호 무결성 검증 지침

설계 검증 간소화 지침

디지털 직렬 분석: 시스템 검증의 개요

PCI Express 측정 솔루션 소개서

직렬 데이터 적합성 및 검증 측정의 기본

고속 차동 데이터 신호 처리 및 측정

고속 상호 연결: 특성 분석 및 측정 기반의 모델링

표준 화질 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

www.tektronix.co.kr

오실로스코프

로직 애널라이저

신호 발생기

통신 테스트 장비

비디오 테스트 장비

프로브

액세서리

캘리브레이션 및 기타 서비스 프로그램

기타 테스트 및 측정 장비

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.co.kr을 참조하십시오.



Copyright © 2008, 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.

07/10 FLG/WOW

76K-16672-5

Tektronix[®]