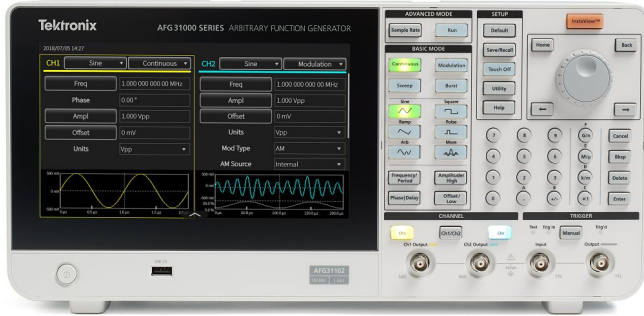


# 임의 함수 발생기

## AFG31000 시리즈 데이터 시트



Tektronix AFG31000 시리즈는 내장 임의 파형 생성, 실시간 파형 모니터링 및 시퀀스에서 가장 큰 터치 스크린을 갖춘 고성능 AFG입니다. 새로운 AFG31000은 고급 파형 생성 및 프로그래밍 기능, 파형 검증 및 최신 터치 스크린 인터페이스를 제공하여 모든 연구원과 엔지니어의 업무를 즐겁게 하고 단순화합니다.

### 주요 성능 사양

- 1 또는 2 채널 모델
- 출력 진폭 범위 1 mVP-P ~ 10 VP-P (50 Ω 부하)
- 기본 (AFG) 모드 :
  - 25 MHz, 50 MHz, 100 MHz, 150 MHz 또는 250 MHz 사인 파형
  - 250 MSa/s, 1 GSa/s 또는 2 GSa/s 샘플 속도
  - 14 비트 수직 해상도
  - 내장 파형에는 사인파, 구형파, 램프 파, 펄스파, 노이즈 및 기타 자주 사용되는 파형이 포함됩니다.
  - 스위프, 버스트 및 변조 모드 (AM, FM, PM, FSK 및 PWM)
- 고급 (시퀀스) 모드 :
  - 연속 모드 (선택적 시퀀스, 트리거 및 게이트 모드)
  - 각 채널에서 16 Mpts 임의 파형 메모리 (128 Mpts 옵션)
  - 루프, 점프 및 대기 이벤트가 있는 시퀀스 모드에서 최대 256 단계
  - 가변 샘플링 클럭 1 μSa/s ~ 2 GSa/s

### 주요 특징

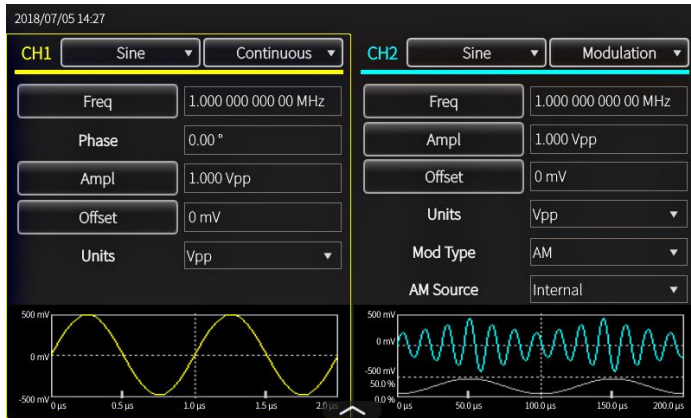
- 특허받은 InstaView™ 기술을 통해 엔지니어는 오실로스코프 및 프로브 없이 DUT에서 실제 파형을 실시간으로 볼 수 있어 불일치 임피던스로 인한 불확실성을 제거합니다 시퀀싱 옵션으로 최대 256 단계의 길고 복잡한 파형을 프로그래밍 할 수 있습니다
- 9 인치 정전 식 터치 스크린은 스마트 폰 처럼 작동하며 자주 사용하는 설정에 대한 바로 가기가 있습니다.
- 내장 ArbBuilder를 통해 임의 파형을 생성 및 편집 할 수 있습니다.
- PC에 연결할 필요가 없는 장비
- 출력은 과전압 및 전류로부터 보호되어 잠재적인 장비 손상을 최소화합니다
- DUT에 다양한 펄스 폭으로 전압 펄스를 생성하는 내장형 이중 펄스 테스트 애플리케이션

### 응용 분야

- 고급 연구
- 시계 및 시스템 동기화
- 실제 신호 복제
- 구성 요소 및 회로 특성화 및 검증
- 임베디드 회로 설계 및 테스트
- 범용 신호 생성
- 더블 펄스 테스트

## 기본 및 고급 모드

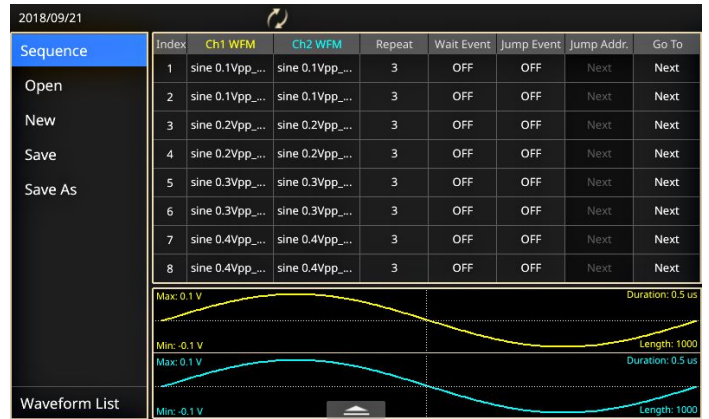
AFG31000 시리즈는 전체 기능 기본 (AFG) 및 고급 (시퀀스) 모드를 갖춘 업계 최초의 임의 함수 발생기입니다. 기본 모드에서 AFG31000은 전통적인 기능과 임의 파형을 생성합니다. 터치 스크린과 전면 패널 컨트롤로 설정이 간단합니다. 기본 모드에서는 파형 길이와 샘플 속도에 대해 걱정할 필요 없이 주파수를 변경할 수 있습니다. 이 기능은 필터 / 앰프 주파수 응답을 특성화하는 아날로그 설계 또는 클럭 속도가 자주 변경되는 디지털 설계에 유용합니다.



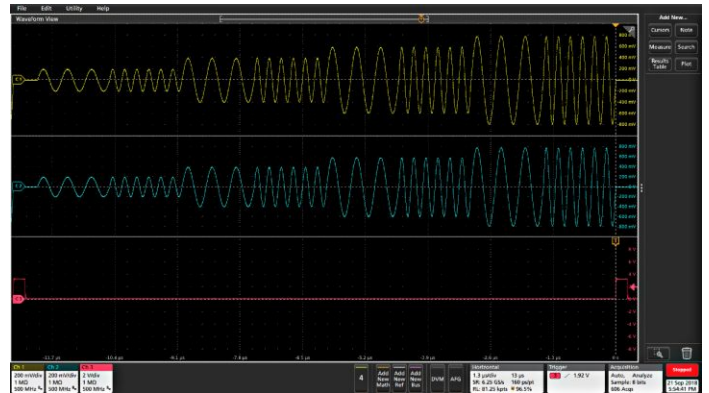
키 설정을 한눈에 볼 수 있으며 터치, 숫자 키패드 또는 회전식 컨트롤을 사용하여 쉽게 조정할 수 있습니다.

AFG31000의 새로운 기능인 고급 모드는 복잡한 타이밍으로 여러 파형을 생성하는 기능을 제공합니다. 이 모드에서는 총 파형 길이가 최대 16 Mpts/ch (옵션: 128 Mpts/ch) 인 1 ~ 256 개의 파형 목록 (또는 시퀀스)을 구성하고 이러한 파형의 출력 시퀀스를 정의할 수 있습니다. 반복, 이동, 대기, 점프 및 트리거 된 이벤트가 모두 지원되며 대용량 메모리는 많은 파형 또는 긴 파형을 저장할 공간을 제공합니다.

이 기능은 많은 테스트 사례를 순차적으로 수행해야 하는 애플리케이션에 매우 유용합니다. 테스트 케이스를 하나씩 로드 하는 대신, 모든 테스트 케이스를 순서대로 배치하고 한 번에 로드 할 수 있어 테스트 효율을 크게 향상시키기 위해 하나씩 원활하게 전환 할 수 있습니다.



고급 모드에서는 유연한 단계 제어로 복잡한 파형 시퀀스를 구축할 수 있습니다

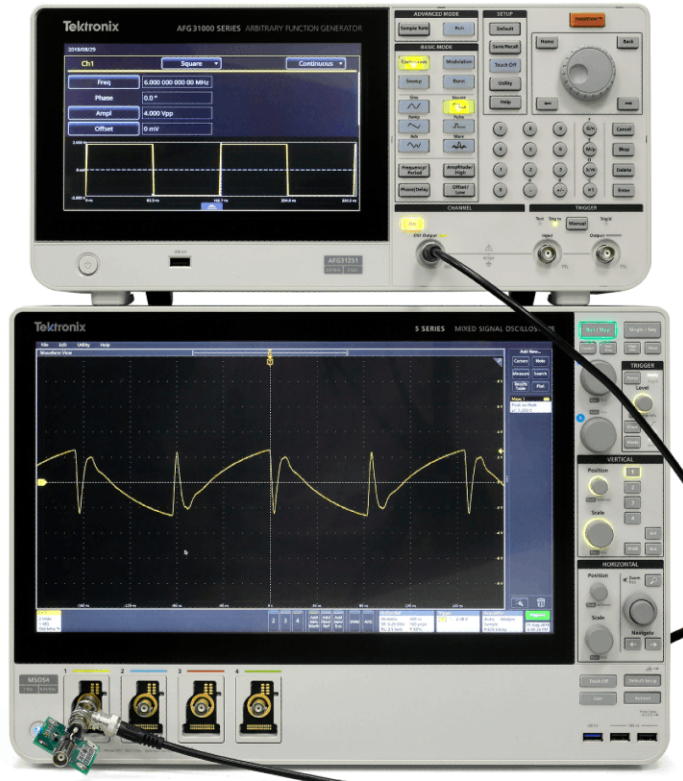


주파수와 진폭이 다른 시퀀싱 된 사인 파형.

또한 고급 모드는 가변 샘플링 속도 기술을 사용합니다. 파형의 모든 샘플은 각 주기에서 한 번만 출력되며 샘플 속도와 동기화됩니다. 건너 뛰기 또는 반복이 없으므로 파형의 모든 세부 사항이 유지됩니다. 이 기능은 IQ 변조 및 펄스 트레인 생성과 같이 신호 충실도가 매우 중요한 응용 분야에 매우 유용합니다.

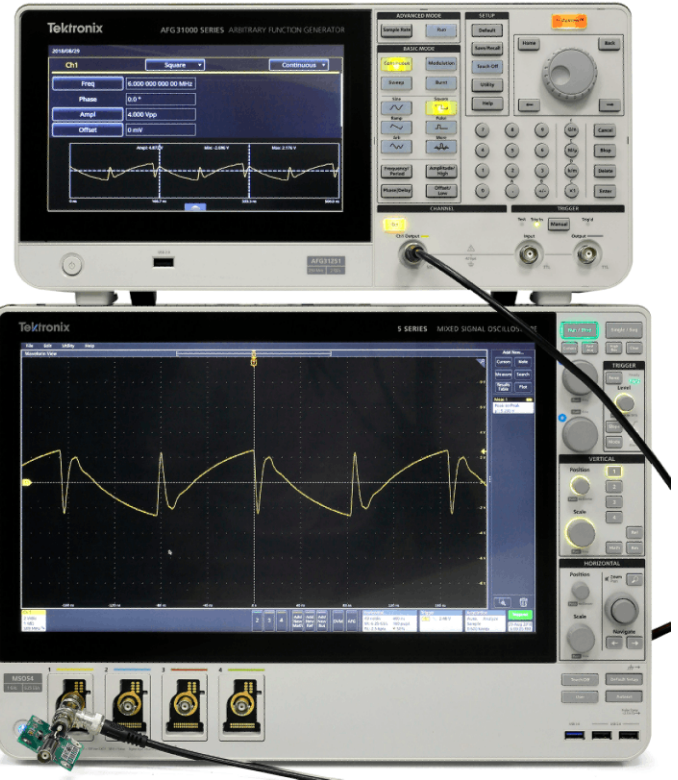
## InstaView™ 기술은 DUT에서 실제 파형을 보여줍니다

대부분의 파형 발생기는 50Ω 임피던스를 구동한다고 가정합니다. 그러나 테스트 중인 대부분의 장치에는 50Ω 임피던스가 없습니다. 이 불일치는 AFG에 설정된 파형과 DUT의 신호간에 불일치가 발생합니다.



InstaView를 끄면 AFG31000은 기존 함수 발생기처럼 작동합니다. 임피던스 불일치로 인해 AFG 디스플레이는 DUT에서 관찰된 것과 다른 파형을 보여줍니다.

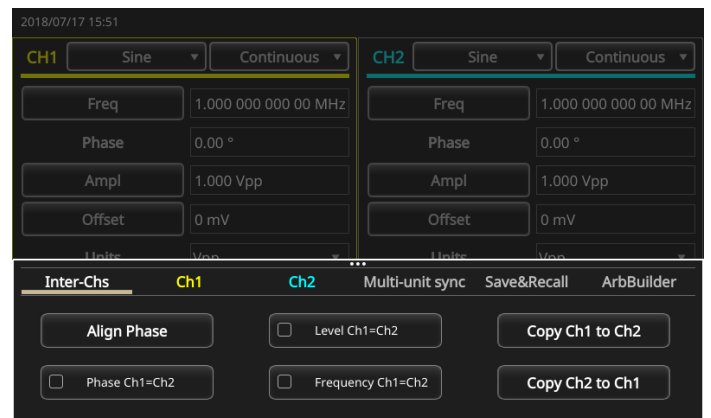
특허받은 InstaView™ 기술을 통해 AFG31000 시리즈는 AFG에 설정된 공칭 파형 대신 DUT에서 실제 파형을 표시할 수 있습니다. AFG에 표시되는 파형은 DUT의 주파수, 진폭, 파형 모양 및 임피던스 변경에 즉시 응답합니다. InstaView는 추가 케이블, 계측기 또는 노력 없이 임피던스 불일치로 인한 불확실성 및 측정 위험을 제거합니다.



InstaView를 켜면 AFG31000은 DUT에서 관찰된 파형을 보여줍니다.

## 큰 터치 스크린과 스마트한 사용자 인터페이스

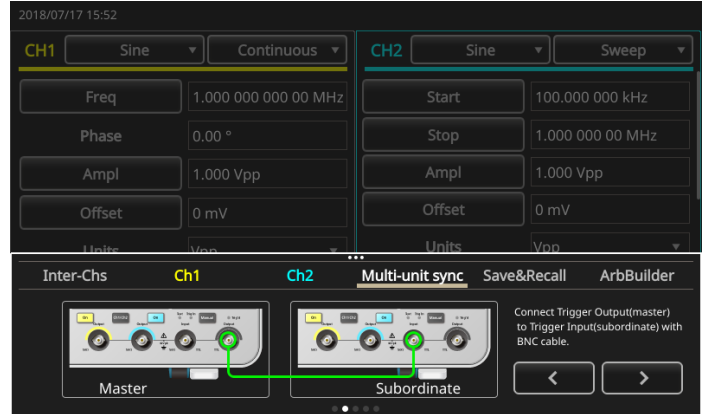
대형 9인치 정전식 터치 스크린은 모든 관련 설정 및 매개 변수를 단일 화면에 표시합니다. 스마트 장치와 마찬가지로 탭하거나 스와이프하여 설정 및 매개 변수를 쉽게 선택, 탐색, 찾아서 변경할 수 있습니다. 자주 사용하는 기능에 즉시 액세스할 수 있습니다. 보다 전통적인 탐색을 위해 익숙한 버튼과 회전식 노브 컨트롤을 사용할 수 있습니다.



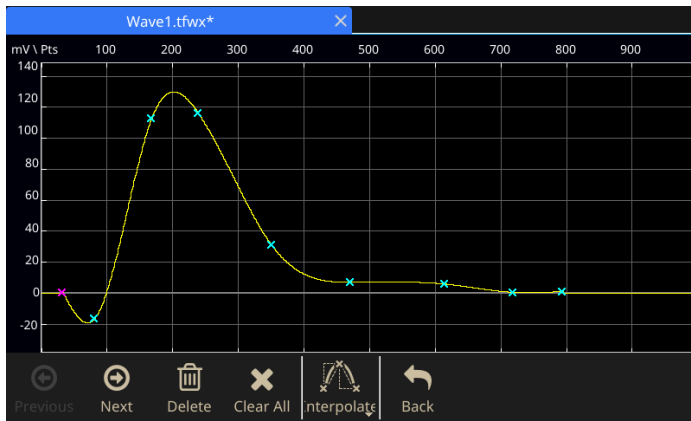
자주 사용하는 설정은 스위프업 메뉴에서 쉽게 액세스할 수 있음

## 내장 ArbBuilder 도구로 임의 파형을보다 쉽게 생성 및 편집 할 수 있습니다

과거에는 임의 파형을 생성하거나 편집하기 위해 파형 편집 소프트웨어가 장착된 PC가 필요했습니다. 그런 다음 USB 스틱 또는 데이터 케이블 연결을 사용하여 파형을 AFG로 다운로드 해야 합니다. 특히 파형이 자주 변경되어야 하는 경우에는 시간이 많이 걸렸습니다. ArbBuilder는 AFG31000 시리즈에 내장된 애플리케이션으로, 임의 파형을 생성기에서 직접 생성하고 편집할 수 있습니다. 수식 편집기 도구를 사용하여 임의 파형을 만들거나 표준 템플릿 라이브러리에서 시작할 수 있습니다. 대용량 정전식 터치 스크린 덕분에 드래그, 핀치 및 확대/축소를 통해 필요한 세부 정보를 얻을 수 있습니다. USB 메모리 스틱에서 CSV 형식 데이터 파일을 ArbBuilder로 직접 로드하여 오실로스코프로 캡처하거나 타사 소프트웨어로 생성한 실제 파형을 신속하게 복제할 수 있습니다.



화면 마법사가 다중 장치 동기화 프로세스를 안내합니다.



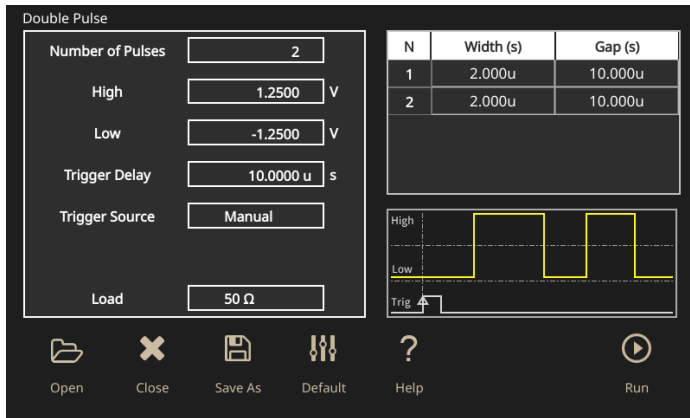
손쉬운 터치 스크린 인터페이스를 사용하여 임의 파형 생성

## 단순화 된 다중 장치 동기화

대부분의 응용 프로그램에는 하나 또는 두 개의 출력 채널이 필요하지만 일부 응용 프로그램에는 더 많은 채널이 필요합니다. 예를 들어, 3상 전력 신호를 시뮬레이션하기 위해 엔지니어는 종종 3개의 2채널 생성기를 동기화해야 합니다. 각상의 전압과 전류에 대해 하나씩. AFG 장치 사이에 많은 케이블 연결이 필요하고 모든 계측기에서 메뉴 트리의 깊은 분기를 변경했기 때문에 시간이 오래 걸렸습니다. AFG31000은 온 스크린 마법사로 이 프로세스를 단순화하여 케이블 연결 및 여러 발전기를 동기화하기 위한 설정 구성 프로세스를 안내합니다.

## 이중 펄스 테스트

AFG31000에는 전력 및 반도체 시장에서 이중 펄스 애플리케이션을 지원하는 다운로드 가능한 플러그인 소프트웨어 애플리케이션인 Double Pulse Test가 포함되어 있습니다. Double Pulse Test 사용자 인터페이스는 최소 2 개의 가변 펄스 폭을 생성하기 위한 터치 앤 스와이프 또는 포인트 앤 클릭 제어 기능을 제공합니다. 이러한 펄스는 MOSFET 또는 IGBT와 같은 전력 장치를 트리거 하기 위해 절연 게이트 드라이버로 출력 될 수 있습니다.



### 더블 펄스 사용자 인터페이스

#### 주요 특징

- 테스트 개발 시간을 단축시키는 즉시 사용 가능하고 사용하기 쉬운 내장 애플리케이션
- 다양한 펄스 폭으로 펄스 생성
- 20 ns ~ 150 μs의 펄스 폭
- GUI 및 대형 터치 스크린 디스플레이
- 멀티 트리거 방법 : 수동, 연속 및 외부 최대 30 펄스
- 옴 또는 높은 Z 출력 모드
- 웹 사이트에서 무료로 다운로드
- 모든 AFG31000 시리즈 모델에서 작동

### 바로 사용 가능한 내장 애플리케이션으로 개발 시간 단축

AFG31000의 이중 펄스 테스트는 설계 및 테스트 엔지니어에게 다양한 펄스 폭으로 전압 펄스를 DUT에 생성 할 수 있는 기능을 제공합니다. 설계 및 테스트 엔지니어는 1 분 이내에 더블 펄스 테스트를 수행 할 수 있어 PC 소프트웨어 또는 마이크로 컨트롤러를 사용하여 다양한 구성으로 테스트를 수행 할 때 시간을 절약 할 수 있습니다.

### 일반적인 응용 분야

- 반도체 산업의 R & D 엔지니어 및 테스트 엔지니어 (SiC/GaN/Si를 갖춘 전원 장치 및 전원 모듈)
- 자동차 산업 (EV, EHV, FCV), 실험실 및 전력 전자 대학
- 전력 장치 제조업체
- 전력 장치 및 모듈을 많이 사용하는 사용자
- 인버터 및 모터 구동 시스템

### 업그레이드 가능성으로 투자 보호

AFG31000은 대역폭, 메모리 확장 및 시퀀스 모드 지원을 위한 업그레이드 옵션을 제공합니다. 이 옵션은 공장에서 또는 구매 후 언제든지 설치할 수 있습니다. 이 업그레이드는 제품 소유권 임계 값을 줄이는데 도움이 됩니다. 테스트 요구 사항이 변경되면 업그레이드 소프트웨어 라이선스를 구매 및 설치하여 더 높은 성능을 추가 할 수 있습니다. 업그레이드는 계측기 수명 동안 투자 수익에 대한 걱정을 제거합니다.

# 명세서

별도로 명시되지 않는 한 모든 사양이 보장됩니다. 별도 명시되지 않는 한 모든 사양은 모든 모델에 적용됩니다.

## Model overview

Model	Sine frequency range	Number of channels
AFG31021	25 MHz	1
AFG31051	50 MHz	
AFG31101	100 MHz	
AFG31151	150 MHz	
AFG31251	250 MHz	
AFG31022	25 MHz	2
AFG31052	50 MHz	
AFG31102	100 MHz	
AFG31152	150 MHz	
AFG31252	250 MHz	

## Output characteristics

### Amplitude

	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
Range (into 50 Ω)	≤ 60 MHz: 1 mV <sub>P-P</sub> to 10 V <sub>P-P</sub> > 60 MHz to ≤ 80 MHz: 1 mV <sub>P-P</sub> to 8 V <sub>P-P</sub> > 80 MHz to ≤ 100 MHz: 1 mV <sub>P-P</sub> to 6 V <sub>P-P</sub>			≤ 200 MHz: 1 mV <sub>P-P</sub> to 5 V <sub>P-P</sub> > 200 MHz to ≤ 250 MHz: 1 mV <sub>P-P</sub> to 4 V <sub>P-P</sub>	
Range (into open circuit or High-Z)	≤ 60 MHz: 2 mV <sub>P-P</sub> to 20 V <sub>P-P</sub> > 60 MHz to ≤ 80 MHz: 2 mV <sub>P-P</sub> to 16 V <sub>P-P</sub> > 80 MHz to ≤ 100 MHz: 2 mV <sub>P-P</sub> to 12 V <sub>P-P</sub>			≤ 200 MHz: 2 mV <sub>P-P</sub> to 10 V <sub>P-P</sub> > 200 MHz to ≤ 250 MHz: 2 mV <sub>P-P</sub> to 8 V <sub>P-P</sub>	
Accuracy	± (1% of setting + 1 mV <sub>P-P</sub> ) (1 kHz sine, 0 V offset, amplitude > 1 mV <sub>P-P</sub> )				
Resolution	0.1 mV <sub>P-P</sub> , 0.1 mV <sub>RMS</sub> , 1 mV, 0.1 dBm or 4 digits				
Units	V <sub>pp</sub> , V <sub>rms</sub> (excluding Arb and Noise), dBm (sine wave only), Volt (High Level and Low Level)				

### Offset

	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
Range (into 50 Ω)	±(5 V <sub>PK</sub> - Amplitude <sub>P-P</sub> ÷ 2)			±(2.5 V <sub>PK</sub> - Amplitude <sub>P-P</sub> ÷ 2)	
Range (into open circuit or High-Z)	±(10 V <sub>PK</sub> - Amplitude <sub>P-P</sub> ÷ 2)			±(5 V <sub>PK</sub> - Amplitude <sub>P-P</sub> ÷ 2)	
Accuracy	± (1% of  setting  + 1 mV + 0.5% of Amplitude (V <sub>P-P</sub> ))				
Resolution	1 mV or 4 digits				

### Output impedance

50 Ω

### Load impedance setting

Selectable: 50 Ω, 1 Ω to 10.0 kΩ, High Z (Adjusts displayed amplitude according to selected load impedance)

### Isolation

42 Vpk maximum to earth ground

### Short-circuit protection

Signal outputs are robust against permanent shorts against floating ground

### Overcurrent protection

When incoming current is greater than 250 mA, the output channels are protected with relays that disconnect the AFG from the device under test. Connection can be resumed by user after removing the incoming current

**General characteristics - Basic mode**

**Basic (AFG)**

**Run modes** Continuous, Modulation, Sweep and Burst  
**Standard waveforms** Sine, Square, Pulse, Ramp, More (Noise, DC, Sin(x)/x, Gaussian, Lorentz, Exponential Rise, Exponential Decay, Haversine )  
**Arbitrary waveforms** Sampling clock: 250 MSa/s, 1 GSa/s or 2 GSa/s (model and waveform length apply)  
 Vertical resolution: 14 bits  
 Waveform length: 2 to 131,072 points

**Sine**

Frequency range	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
Continuous mode	1 $\mu$ Hz to 25 MHz	1 $\mu$ Hz to 50 MHz	1 $\mu$ Hz to 100 MHz	1 $\mu$ Hz to 150 MHz	1 $\mu$ Hz to 250 MHz
Burst mode	1 $\mu$ Hz to 12.5 MHz	1 $\mu$ Hz to 25 MHz	1 $\mu$ Hz to 50 MHz	1 $\mu$ Hz to 75 MHz	1 $\mu$ Hz to 125 MHz

Effective maximum frequency out	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
25 MHz	50 MHz	100 MHz	150 MHz	250 MHz	

Amplitude flatness (1 $V_{p,p}$ , relative to 1 kHz)	Frequency range	AFG31021, AFG31022, AFG31051, AFG31052, AFG31101, AFG31102	AFG31151, AFG31152, AFG31251, AFG31252
< 5 MHz		$\pm 0.2$ dB	$\pm 0.2$ dB
$\geq 5$ MHz to 25 MHz		-----	$\pm 0.3$ dB
$\geq 5$ MHz to 100 MHz		$\pm 0.3$ dB	-----
> 25 MHz to 100 MHz		-----	$\pm 0.5$ dB
> 100 MHz to 200 MHz		-----	$\pm 1.0$ dB
> 200 MHz to 250 MHz		-----	$\pm 2.0$ dB

Amplitude flatness (1 $V_{p,p}$ , relative to 1 kHz), typical	AFG31021, AFG31022, AFG31051, AFG31052, AFG31101, AFG31102, AFG31151, AFG31152	AFG31251 / AFG31252
$\pm 0.1$ dB		$\leq 150$ MHz: $\pm 0.1$ dB > 150 MHz to 250 MHz: $\pm 0.3$ dB

Harmonic distortion (1 $V_{p,p}$ ), typical	Frequency range	AFG31021, AFG31022, AFG31051, AFG31052, AFG31101, AFG31102
	10 Hz to <20 kHz	< -77 dBc
	$\geq 20$ kHz to <1 MHz	< -72 dBc
	$\geq 1$ MHz to <5 MHz	< -65 dBc
	$\geq 5$ MHz to $\leq 100$ MHz	< -56 dBc

Frequency range	AFG31151, AFG31152, AFG31251, AFG31252
10 Hz to < 1 MHz	< -72 dBc
$\geq 1$ MHz to < 5 MHz	< -74 dBc
$\geq 5$ MHz to < 25 MHz	< -69 dBc
$\geq 25$ MHz to $\leq 250$ MHz	< -37 dBc

**General characteristics - Basic mode**

THD, typical  $\leq 0.04\%$ , 10 Hz to 20 kHz, 1  $V_{P,P}$

Spurious noise (1 $V_{P,P}$ ), typical	Frequency range	AFG31021, AFG31022, AFG31051, AFG31052, AFG31101, AFG31102
	$\geq 10$ Hz to $< 1$ MHz	$< -78$ dBc
	$\geq 1$ MHz to $< 25$ MHz	$< -73$ dBc
	$\geq 25$ MHz to $\leq 100$ MHz	$< -78$ dBc

Frequency range	AFG31151, AFG31152, AFG31251, AFG31252
10 Hz to $< 1$ MHz	$< -80$ dBc
$\geq 1$ MHz to $< 25$ MHz	$< -75$ dBc
$\geq 25$ MHz to $\leq 250$ MHz	$< -75$ dBc + 6 dBc/octave

Phase noise, typical  $< -125$  dBc/Hz at 20 MHz, 10 kHz offset, 1  $V_{P,P}$

Residual clock noise, all models -63 dBm

**Square**

Frequency range	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
1 $\mu$ Hz to 20 MHz	1 $\mu$ Hz to 40 MHz	1 $\mu$ Hz to 80 MHz	1 $\mu$ Hz to 120 MHz	1 $\mu$ Hz to 160 MHz	

Rise/fall time, typical	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
Amplitude $\leq 5$ Vpp	$\leq 7.0$ ns	$\leq 5.0$ ns	$\leq 3.5$ ns	$\leq 3.0$ ns	$\leq 2.0$ ns
Amplitude $> 5$ Vpp	$\leq 8.0$ ns	$\leq 6.0$ ns	$\leq 4.2$ ns	-----	-----

Overshoot, typical  $< 3\%$

Jitter (RMS), typical 2.5 ps

**Ramp**

Frequency range	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
1 $\mu$ Hz to 500 kHz	1 $\mu$ Hz to 800 kHz	1 $\mu$ Hz to 1 MHz	1 $\mu$ Hz to 1.5 MHz	1 $\mu$ Hz to 2.5 MHz	

Linearity, typical (1 kHz, 1 $V_{P,P}$ , 100% symmetry)	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
	$\leq 0.1\%$ of peak output	$\leq 0.1\%$ of peak output	$\leq 0.15\%$ of peak output	$\leq 0.2\%$ of peak output	$\leq 0.2\%$ of peak output

Symmetry 0% to 100%



**General characteristics - Basic mode**

**Pulse**

<b>Frequency range</b>	<b>AFG31021 / AFG31022</b>	<b>AFG31051 / AFG31052</b>	<b>AFG31101 / AFG31102</b>	<b>AFG31151 / AFG31152</b>	<b>AFG31251 / AFG31252</b>
	1 μHz to 20 MHz	1 μHz to 40 MHz	1 μHz to 80 MHz	1 μHz to 120 MHz	1 μHz to 160 MHz

<b>Pulse width</b>	<b>AFG31021 / AFG31022</b>	<b>AFG31051 / AFG31052</b>	<b>AFG31101 / AFG31102</b>	<b>AFG31151 / AFG31152</b>	<b>AFG31251 / AFG31252</b>
	16 ns to 999.99 s	10 ns to 999.99 s	6 ns to 999.99 s	4 ns to 999.99 s	3 ns to 999.99 s

**Pulse width resolution** 10 ps or 5 digits

**Pulse Duty** 0.001% to 99.999% (limitations of pulse width apply)

<b>Edge transition time</b>	<b>AFG31021 / AFG31022</b>	<b>AFG31051 / AFG31052</b>	<b>AFG31101 / AFG31102</b>	<b>AFG31151 / AFG31152</b>	<b>AFG31251 / AFG31252</b>
	8 ns to 0.625 * Pulse Period	6 ns to 0.625 * Pulse Period	4 ns to 0.625 * Pulse Period	3 ns to 0.625 * Pulse Period	2 ns to 0.625 * Pulse Period

**Edge transition time resolution** 10 ps or 4 digits

<b>Mode</b>	<b>Characteristic</b>
Continuous	0 ps to Period
Burst	0 ps to Period – [ Pulse Width + 0.8 * (Leading Edge Time + Trailing Edge Time)]

**Lead delay resolution** 10 ps or 8 digits

**Overshoot, typical** < 2%

**Jitter (RMS), typical** 2.5 ps

**DC**

<b>Range (into 50 Ω)</b>	<b>AFG31021, AFG31022, AFG31051, AFG31052, AFG31101, AFG31102</b>	<b>AFG31151, AFG31152, AFG31251, AFG31252</b>
	-5 V to 5 V	-2.5 V to 2.5 V

**Resolution (into 50 Ω)** 1 mV or 4 digits

**Accuracy** ± (1% of |setting| +1mV)

**Noise**

<b>Bandwidth (-3 dB)</b>	<b>AFG31021, AFG31022, AFG31051, AFG31052, AFG31101, AFG31102</b>	<b>AFG31151, AFG31152, AFG31251, AFG31252</b>
	150 MHz	360 MHz

**Noise type** White Gaussian

	<b>Characteristic</b>
Add	When activated, output signal amplitude is reduced to 50%
Level	0.0% to 50% of amplitude (V <sub>p-p</sub> ) setting
Resolution	1%

**General characteristics - Basic mode**

Other waveforms

Frequency range

AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
1 $\mu$ Hz to 500 kHz	1 $\mu$ Hz to 800 kHz	1 $\mu$ Hz to 1 MHz	1 $\mu$ Hz to 1.5 MHz	1 $\mu$ Hz to 2.5 MHz

Arbitrary waveforms

Frequency range

	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
Normal	1 mHz to 12.5 MHz	1 mHz to 25 MHz	1 mHz to 50 MHz	1 mHz to 75 MHz	1 mHz to 125 MHz
Burst mode	1 mHz to 6.25 MHz	1 mHz to 12.5 MHz	1 mHz to 25 MHz	1 mHz to 37.5 MHz	1 mHz to 62.5 MHz

Effective analog bandwidth (-3 dB)

AFG31021, AFG31022, AFG31051, AFG31052, AFG31101, AFG31102	AFG31151, AFG31152, AFG31251, AFG31252
150 MHz	360 MHz

Waveform length

2 to 131,072

Sample rate

	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
Waveform length $\leq$ 16,384	250 MSa/s	1 GSa/s	1 GSa/s	2 GSa/s	2 GSa/s
Waveform length $>$ 16,384	250 MSa/s	250 MSa/s	250 MSa/s	250 MSa/s	250 MSa/s

Vertical resolution

14 bit

Rise/fall time, typical

	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
Amplitude $\leq$ 5Vpp	$\leq$ 3.5 ns	$\leq$ 3.5 ns	$\leq$ 3.5 ns	$\leq$ 2 ns	$\leq$ 2 ns
Amplitude $>$ 5Vpp	$\leq$ 4.2 ns	$\leq$ 4.2 ns	$\leq$ 4.2 ns	-----	-----

Jitter (RMS), typical

2.5 ps

Modulation

AM, FM, PM

Specification	Characteristic
Carrier	All except pulse, noise, DC
Source	Internal or external
Internal modulating waveform	Sine, Square, Ramp, Noise, ARB (maximum waveform length: AM 4,096 pts; FM/PM/PWM 2,048 pts)
Internal modulating frequency	1 mHz to 1 MHz

AM modulation depth

0.0 % to 120 %

AM modulation resolution

0.1%

**General characteristics - Basic mode**

Minimum FM peak deviation DC

Maximum FM peak deviation

	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
Sine	12.5 MHz	25 MHz	50 MHz	75 MHz	125 MHz
Square,	10 MHz	20 MHz	40 MHz	60 MHz	80 MHz
Arb	6.25 MHz	12.5 MHz	25 MHz	37.5 MHz	62.5 MHz
Others	250 kHz	400 kHz	500 kHz	750 kHz	1.25 MHz

PM phase deviation range 0° to 180°

PM phase resolution 0.1°

FSK

Specification	Characteristic
Carrier	All except pulse, noise, DC
Source	Internal or external
Number of keys	2
Internal key rate	1 mHz to 1 MHz

PWM

Specification	Characteristic
Carrier	Pulse
Source	Internal or external
Internal modulating waveform	Sine, Square, Ramp, Noise, ARB (maximum waveform length: 2,048 pts)
Internal modulating frequency	1 mHz to 1 MHz
Deviation range	0% to 50.0% of pulse period

Sweep

Type Linear, Logarithmic

Waveforms All, except Pulse, Noise, DC

Sweep time 1 ms to 500 s

Hold/return time 0 s to 500 s

Maximum total sweep time 500 s

Accuracy, typical: ≤ 0.4%

Minimum start/stop frequency All except ARB: 1 μHz  
ARB: 1 mHz

Maximum start/stop frequency

	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
Sine	25 MHz	50 MHz	75 MHz	125 MHz	250 MHz
Square	20 MHz	40 MHz	80 MHz	120 MHz	160 MHz
Arb	12.5 MHz	25 MHz	50 MHz	75 MHz	125 MHz
Others	500 kHz	800 kHz	1 MHz	1 MHz	2.5 MHz

**General characteristics - Basic mode**

**Burst**

<b>Waveform</b>	All except Noise, DC
<b>Type</b>	Triggered, gated
<b>Burst count</b>	1 to 1,000,000 cycles or Infinite
<b>Internal trigger rate</b>	1 $\mu$ s to 500.0 s
<b>Gate and trigger sources</b>	Internal, external, remote interface

**InstaView™**

<b>Waveforms</b>	All except noise
<b>Cable (channel output to load)</b>	50 $\Omega$ BNC to BNC
<b>Run mode</b>	Continuous in Basic mode

<b>Maximum measurement range (DC + peak AC voltage)</b>	AFG31021, AFG31022, AFG31051, AFG31052, AFG31101, AFG31102	AFG31151, AFG31152, AFG31251, AFG31252
	-10 V to 10 V	-5 V to 5 V

<b>DC level measurement</b>	<b>Specification</b>	<b>Characteristic</b>
	Accuracy (into 50 $\Omega$ ), typical	$\pm$ (2 % of  setting  + 20 mVpp)
	Resolution	1 mV or 4 digits

<b>Amplitude measurement</b>	<b>Specification</b>	<b>Characteristic</b>
	Accuracy (sine, 1 kHz, 1 V <sub>p-p</sub> , into 50 $\Omega$ , typical)	$\pm$ (2 % of setting + 20 mV)
	Resolution	1 mV or 4 digits

**Bandwidth (-3 dB)** 500 MHz

<b>Flatness, sine, 1 V<sub>p-p</sub>, into 50 ohm, relative to 1 kHz, typical</b>	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
	0 to 100 MHz: $\pm$ 1 dB			0 to 200 MHz: $\pm$ 1 dB 200 MHz to 250 MHz: $\pm$ 2 dB	

<b>Cable propagation delay measurement, typical</b>	<b>Specification</b>	<b>Characteristic</b>
	Range	0 to 20 ns (approximately 4 m/13 feet in length)
	Accuracy, typical	$\pm$ 500 ps

**General characteristics - Advanced mode**

Waveform memory size	16 Mpts (128 Mpts optional) each channel
Run mode	Standard: Continuous Optional: Sequence, Triggered, Gated
Number of waveform entries	Continuous, Triggered, Gated: 1 Sequence: 1 to 256
Minimum waveform length	168 pts
Waveform granularity	1 pt
Vertical resolution	14 bits
Jump/trigger events	External trigger (rising or falling edge), manual trigger, timer, SCPI commands
Repeat count	1 to 1,000,000 or infinite
Timer range	2 $\mu$ S to 3600 S
Timer resolution	4 ns or 8 digits

Variable sample rate		<b>AFG31021 / AFG31022</b>	<b>AFG31051 / AFG31052</b>	<b>AFG31101 / AFG31102</b>	<b>AFG31151 / AFG31152</b>	<b>AFG31251 / AFG31252</b>
	Range	1 $\mu$ Sa/s to 250 MSa/s	1 $\mu$ Sa/s to 500 MSa/s	1 $\mu$ Sa/s to 1 GSa/s	1 $\mu$ Sa/s to 2 GSa/s	1 $\mu$ Sa/s to 2 GSa/s
	Accuracy	10 <sup>-6</sup> Sa/s				
	Resolution	1 $\mu$ Sa/s or 12 digits				

Rise/Fall time, typical	<b>AFG31021 / AFG31022</b>	<b>AFG31051 / AFG31052</b>	<b>AFG31101 / AFG31102</b>	<b>AFG31151 / AFG31152</b>	<b>AFG31251 / AFG31252</b>
	Amplitude $\geq 5 V_{p,p}$ : $\leq 4.2$ ns Amplitude $< 5 V_{p,p}$ : $\leq 3.5$ ns			$\leq 3.0$ ns	$\leq 2.0$ ns

Overshoot, typical < 2%

Level flatness, typical (sine, 1 $V_{p,p}$ , relative to 1 kHz)	<b>Frequency range</b>	<b>All models</b>
	< 5MHz	$\pm 0.3$ dB
	$\geq 5$ MHz to 25 MHz	$\pm 0.5$ dB
	$\geq 25$ MHz to 50 MHz	$\pm 0.6$ dB
	$\geq 50$ MHz to 100 MHz	$\pm 1.0$ dB
	$\geq 100$ MHz to 150 MHz	$\pm 1.5$ dB
$\geq 150$ MHz to 250 MHz	$\pm 2.3$ dB	

Harmonic distortion, typical (sine with 64 pts/cycle, 1 $V_{p,p}$ )	<b>AFG31021 / AFG31022</b>	<b>AFG31051 / AFG31052</b>	<b>AFG31101 / AFG31102</b>	<b>AFG31151 / AFG31152</b>	<b>AFG31251 / AFG31252</b>
	< -76 dBc at 250 MSa/S or 3.90625 MHz	< -67 dBc at 500 MSa/S or 7.8125 MHz	< -61 dBc at 1 GSa/S or 15.625 MHz	< -63 dBc at 2 GSa/S or 31.25 MHz	< -63 dBc at 2 GSa/S or 31.25 MHz

**General characteristics - Advanced mode**

Spurious, typical (sine with 64 pts/cycle, 1 V <sub>p,p</sub> )	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
	< -81 dBc at 250 MSa/S or 3.90625 MHz	< -74 dBc at 500 MSa/S or 7.8125 MHz	< -75 dBc at 1 GSa/S or 15.625 MHz	< -64 dBc at 2 GSa/S or 31.25 MHz	< -64 dBc at 2 GSa/S or 31.25 MHz

Spurious free dynamic range, typical (sine with 64 pts/cycle, 1 V <sub>p,p</sub> )	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
	< -76 dBc at 250 MSa/S or 3.90625 MHz	< -67 dBc at 500 MSa/S or 7.8125 MHz	< -61 dBc at 1 GSa/S or 15.625 MHz	< -63 dBc at 2 GSa/S or 31.25 MHz	< -63 dBc at 2 GSa/S or 31.25 MHz

Phase noise, typical (sine with 64 pts/cycle, 1 V <sub>p,p</sub> , at 10 kHz offset)	AFG31021 / AFG31022	AFG31051 / AFG31052	AFG31101 / AFG31102	AFG31151 / AFG31152	AFG31251 / AFG31252
	< -132 dBc at 250 MSa/S or 3.90625 MHz	< -130 dBc at 500 MSa/S or 7.8125 MHz	< -125 dBc at 1 GSa/S or 15.625 MHz	< -113 dBc at 2 GSa/S or 31.25 MHz	< -113 dBc at 2 GSa/S or 31.25 MHz

**Skew control**

Range	-320 ns to 320 ns (channel 1 to channel 2 on dual channel models, at maximum sample rate)
Resolution	100 ps or 4 digits
Accuracy, typical	±(1% of  setting  + 500 ps)

Initial skew, typical < 500 ps

**System characteristics**

**Output Frequency Resolution**

Frequency accuracy	±10 <sup>-6</sup> of setting (all except ARB), 0 °C to 50 °C (32 °F to 122 °F) ±10 <sup>-6</sup> of setting ± 1 µHz (ARB), 0 °C to 50 °C (32 °F to 122 °F)
Aging	±1.0 x 10 <sup>-6</sup> per year

**Phase**

Range	-180° to +180°
Resolution	0.01° (sine) 0.1° (other waveforms)

Remote program interface GPIB, Ethernet 10BASE-T / 100BASE-TX / 1000BASE-T, USB 2.0

**Maximum configuration times, typical**

	USB	LAN	GPIB
Function change	61 ms	61 ms	63 ms
Frequency change (except Pulse)	3 ms	4 ms	6 ms
Frequency change (Pulse)	2.5 ms	3 ms	8 ms
Amplitude change	65 ms	66 ms	77 ms
Select user ARB (4k points from USB Memory)	43 ms	40 ms	53 ms
Select user ARB (128k points from USB Memory)	86 ms	92 ms	92 ms
Data download time for 4k points	36 ms	21 ms	21 ms

**Power source**

Source	100-240 V, 47-63 Hz 115 V, 360-440 Hz
Consumption	120 W

**System characteristics**

Warm up time, typical	20 minutes minimum
Power on self diagnosis time	< 24 s
Acoustic noise	< 50 dBA
Display	9-inch capacitive touch screen with 800 * 480 resolution
User interface and Help languages	English, French, German, Japanese, Korean, Simplified and Traditional Chinese, Russian (user selectable)

**Auxiliary input characteristics****External modulation input, channel 1 and channel 2**

Input range	Characteristic
AM, FM, PM, PWM	±1 V full range
FSK	3.3 V logic level

Input impedance	5.2 kΩ
Frequency range	125 kHz (1 MSa/s)

**External Trigger input**

Level	TTL compatible
Impedance	10 kΩ
Minimum pulse width	100 ns
Slope	Positive or negative selectable
Trigger delay range	0 ns to 85 s
Trigger delay resolution	100 ps or 5 digits
Trigger latency, typical	390 ns (trigger input to signal output, , 1.5 μs for Advanced mode)
Jitter (RMS), typical	100 ps (signal output, with external trigger input in burst mode)

**10 MHz reference clock input**

Impedance	1 kΩ
Input coupling	AC
Required input voltage swing	100 mV <sub>P,P</sub> to 5 V <sub>P,P</sub>
Lock range	10 MHz ±35 kHz

**Channel 1 external add input**

Impedance	50 Ω
Input range	-1 V to +1 V (DC + peak AC)
Bandwidth	DC to 10 MHz (-3 dB) at 1 V <sub>P,P</sub>

## Auxiliary output characteristics

### Channel 1 trigger output

Level	Positive TTL level pulse into 1 k $\Omega$
Impedance	50 $\Omega$
Jitter, RMS, typical	10 ps for all models

Output frequency	Characteristic
Waveform frequency < 4.9 MHz	Same as the waveform frequency
Waveform frequency $\geq$ 4.9 MHz < 50 MHz	A fraction of the waveform frequency
Waveform frequency $\geq$ 50 MHz	No output

### 10 MHz reference clock out

Impedance	50 $\Omega$ , AC coupled
Amplitude	1.2 V <sub>p,p</sub> into 50 $\Omega$ load

## Physical characteristics

### Dimensions

Height	191.8 mm (7.55 in.)
Width	412.8 mm (16.25 in.)
Depth	143.3 mm (5.64 in.)

### Weight

Net	4.7 kg (10.4 lb.)
Shipping	7.0 kg (15.4 lb.)

## EMC, environment, and safety

### Temperature

Operating	0 °C to +50 °C (32 °F to 122 °F)
Nonoperating	-30 °C to +70 °C (-22 °F to 158 °F)

### Humidity

Operating	$\leq$ 80%, 0 °C to 40 °C (32 °F to 104 °F)
	$\leq$ 60%, > 40 °C to 50 °C (104 °F to 122 °F), noncondensing
Nonoperating	5% to 90%, < 40 °C (< 104 °F), noncondensing
	5% to 80%, $\geq$ 40 °C to 60 °C ( $\geq$ 104 °F to 140 °F), noncondensing
	5% to 40%, > 60 °C to 70 °C (> 140 °F to 158 °F), noncondensing

### Altitude

Operating	Up to 3,000 m (9,842 ft.)
Nonoperating	Up to 12,000 m (39,370 ft.)

EMC compliance	EN61326-1:2013, EN 61326-2-1:2013
European Union	EU Council Directive 2004/108/EC



**EMC, environment, and safety****Safety**

UL 61010-1:2004

CAN/CSA C22.2 No. 61010-1:2004

IEC 61010-1:2001

**Over-temperature protection**

Instrument is protected from over-temperature by turning off outputs

## Ordering Information

### Models

AFG31021	1 $\mu$ Hz to 25 MHz sine wave, 1-channel arbitrary function generator
AFG31022	1 $\mu$ Hz to 25 MHz sine wave, 2-channel arbitrary function generator
AFG31051	1 $\mu$ Hz to 50 MHz sine wave, 1-channel arbitrary function generator
AFG31052	1 $\mu$ Hz to 50 MHz sine wave, 2-channel arbitrary function generator
AFG31101	1 $\mu$ Hz to 100 MHz sine wave, 1-channel arbitrary function generator
AFG31102	1 $\mu$ Hz to 100 MHz sine wave, 2-channel arbitrary function generator
AFG31151	1 $\mu$ Hz to 150 MHz sine wave, 1-channel arbitrary function generator
AFG31152	1 $\mu$ Hz to 150 MHz sine wave, 2-channel arbitrary function generator
AFG31251	1 $\mu$ Hz to 250 MHz sine wave, 1-channel arbitrary function generator
AFG31252	1 $\mu$ Hz to 250 MHz sine wave, 2-channel arbitrary function generator

### Options

#### Factory options

MEM	Extends arbitrary waveform memory to 128 Mpts/ch in Advanced mode
SEQ	Enables Sequence, Triggered and Gated modes in Advanced mode

#### Feature upgrade after purchase

The AFG31000 products offer several ways to easily add functionality after the initial purchase.

Description (node locked licenses)	For one channel instruments	For two channel instruments
Enables Sequence, Triggered, and Gated modes in Advanced mode	AUP-AFG3SEQ-1	AUP-AFG3SEQ-2
Extends arb memory to 128 Mpts/ch in Advanced mode	AUP-AFG3MEM-1	AUP-AFG3MEM-2
Bandwidth extension from 25 MHz to 50 MHz	AUP-AFG3BW25T50-1	AUP-AFG3BW25T50-2
Bandwidth extension from 25 MHz to 100 MHz	AUP-AFG3BW25T100-1	AUP-AFG3BW25T100-2
Bandwidth extension from 50 MHz to 100 MHz	AUP-AFG3BW50T100-1	AUP-AFG3BW50T100-2
Bandwidth extension from 150 MHz to 250 MHz	AUP-AFG3BW150T250-1	AUP-AFG3BW150T250-2

**Power plug options**

Opt. A0	North America power plug (115 V, 60 Hz)
Opt. A1	Universal Euro power plug (220 V, 50 Hz)
Opt. A2	United Kingdom power plug (240 V, 50 Hz)
Opt. A3	Australia power plug (240 V, 50 Hz)
Opt. A5	Switzerland power plug (220 V, 50 Hz)
Opt. A6	Japan power plug (100 V, 50/60 Hz)
Opt. A10	China power plug (50 Hz)
Opt. A11	India power plug (50 Hz)
Opt. A12	Brazil power plug (60 Hz)
Opt. A99	No power cord

**Language options**

Opt. L0	English front panel overlay (default)
Opt. L1	French front panel overlay
Opt. L2	Italian front panel overlay
Opt. L3	German front panel overlay
Opt. L4	Spanish front panel overlay
Opt. L5	Japanese front panel overlay
Opt. L6	Portuguese front panel overlay
Opt. L7	Simplified Chinese front panel overlay
Opt. L8	Traditional Chinese front panel overlay
Opt. L9	Korean front panel overlay
Opt. L10	Russian front panel overlay
Opt. L99	No front panel overlay

**Service options**

Opt. C3	Calibration Service 3 Years
Opt. C5	Calibration Service 5 Years
Opt. D1	Calibration Data Report
Opt. D3	Calibration Data Report 3 Years (with Opt. C3)
Opt. D5	Calibration Data Report 5 Years (with Opt. C5)
Opt. R5	Repair Service 5 Years (including warranty)
Opt. T3	Three Year Total Protection Plan, includes repair or replacement coverage from wear and tear, accidental damage, ESD or EOS plus preventative maintenance. Including a 5 day turnaround time and priority access to customer support
Opt. T5	Five Year Total Protection Plan, includes repair or replacement coverage from wear and tear, accidental damage, ESD or EOS plus preventative maintenance. Including a 5 day turnaround time and priority access to customer support

Accessories are not covered by the instrument warranty and Service Offerings.

## Accessories

### Standard accessories

-----	AFG31000 Series Arbitrary Function Generator Compliance, Installation, and Safety Instructions
012-1732-xx	BNC cable shielded, 3 ft.
174-4401-xx	USB cable, A to B, 3 ft.
-----	Power cord
-----	NIST-traceable calibration certificate

### Recommended accessories

012-1732-xx	BNC cable shielded, 3 ft.
012-0991-xx	GPIB cable, double shielded
011-0049-02	50 $\Omega$ BNC terminator
ACD4000B	Soft transit case
HCTEK54	Hard transit case (requires ACD4000B)

## Warranty

Product warranty	Three-year warranty on parts and labor
------------------	--



Tektronix is registered to ISO 9001 and ISO 14001 by SRI Quality System Registrar.



Product(s) complies with IEEE Standard 488.1-1987, RS-232-C, and with Tektronix Standard Codes and Formats.



Product Area Assessed: The planning, design/development and manufacture of electronic Test and Measurement instruments.



**ASEAN / Australasia** (65) 6356 3900  
**Belgium** 00800 2255 4835\*  
**Central East Europe and the Baltics** +41 52 675 3777  
**Finland** +41 52 675 3777  
**Hong Kong** 400 820 5835  
**Japan** 81 (3) 6714 3086  
**Middle East, Asia, and North Africa** +41 52 675 3777  
**People's Republic of China** 400 820 5835  
**Republic of Korea** +822 6917 5084, 822 6917 5080  
**Spain** 00800 2255 4835\*  
**Taiwan** 886 (2) 2656 6688

**Austria** 00800 2255 4835\*  
**Brazil** +55 (11) 3759 7627  
**Central Europe & Greece** +41 52 675 3777  
**France** 00800 2255 4835\*  
**India** 000 800 650 1835  
**Luxembourg** +41 52 675 3777  
**The Netherlands** 00800 2255 4835\*  
**Poland** +41 52 675 3777  
**Russia & CIS** +7 (495) 6647564  
**Sweden** 00800 2255 4835\*  
**United Kingdom & Ireland** 00800 2255 4835\*

**Balkans, Israel, South Africa and other ISE Countries** +41 52 675 3777  
**Canada** 1 800 833 9200  
**Denmark** +45 80 88 1401  
**Germany** 00800 2255 4835\*  
**Italy** 00800 2255 4835\*  
**Mexico, Central/South America & Caribbean** 52 (55) 56 04 50 90  
**Norway** 800 16098  
**Portugal** 80 08 12370  
**South Africa** +41 52 675 3777  
**Switzerland** 00800 2255 4835\*  
**USA** 1 800 833 9200

\* European toll-free number. If not accessible, call: +41 52 675 3777

**For Further Information.** Tektronix maintains a comprehensive, constantly expanding collection of application notes, technical briefs and other resources to help engineers working on the cutting edge of technology. Please visit [www.tek.com](http://www.tek.com).

Copyright © Tektronix, Inc. All rights reserved. Tektronix products are covered by U.S. and foreign patents, issued and pending. Information in this publication supersedes that in all previously published material. Specification and price change privileges reserved. TEKTRONIX and TEK are registered trademarks of Tektronix, Inc. All other trade names referenced are the service marks, trademarks, or registered trademarks of their respective companies.



13 Sep 2019 75W-61444-3

[www.nubicom.co.kr](http://www.nubicom.co.kr)



  
**NUBICOM**  
 (주)누비콤

**서울본사** 서울특별시 영등포구 경인로 775(문래동 3가, 에이스하이테크시티 3동 2층 201호)  
 TEL: 070-7872-0701 FAX: 02-2167-3801 E-mail: sales@nubicom.co.kr  
**대전지사** 대전광역시 유성구 덕명동로 22번길 10  
 TEL: 070-7872-0712 FAX: 02-2167-3801 E-mail: jbkim@nubicom.co.kr