



Zurich
Instruments

HDAWG 任意波形発生器

2.4 GSa/s, 16 bit
4, 8 チャンネル

製品リーフレット

Release date: November 2017

日本語版 Jul 2018

主な特徴

- 2.4 Gsa/s, 16bit, 帯域幅 750MHz
- 最大振幅 5 V_{p-p}
- 64 チャンネルスケラビリティ
- 最高のチャンネル密度
- 50 ns 未満のトリガーレイテンシー
- 複数周波数でのデジタルモジュレーション
- LabOne®AWG シークエンサとコンパイラ

概要

Zurich Instruments 社の HDAWG 多チャンネル任意波形発生器は市販製品のなかで最高のチャンネル密度を誇りチャンネルあたりの設置スペースを最小に留めます。帯域幅 750MHz までの任意波形を発生し、4 チャンネルまたは 8 チャンネルの DC カップリング、シングルエンド出力を持つ任意波形発生器です。それぞれの出力チャンネルは独立に帯域幅が最大かつ雑音特性が優れるダイレクトモードと 5V_{p-p} の振幅まで出せる増幅モードを切り替え設定できます。チャンネルあたり 2 つのマーカー設定により 16bit の分解能を保ったまま正確な同期を行うことができます。

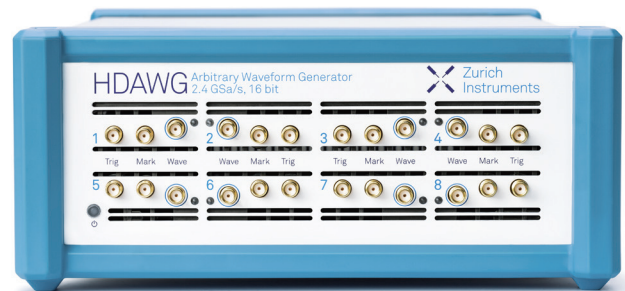
付属するユーザーインターフェース LabOne® は最高のパフォーマンスと容易な波形生成を行うプログラミング環境を与えます。プラットフォームに依存しない LabOne® インターフェースと LabVIEW®, .NET, MATLAB®, C, Python のための API により効率的に既存の制御システムに組み込むことができます。

アプリケーション

HDAWG は拡張メモリー、波形発生器、内部発振器、パルスカウンターなどを追加することで多くのアプリケーションに対応します。

量子コンピューティングとフェーズアレーレーザー

複数の HDAWG を単一のインターフェースから自動的に同期・制



御することで、物理的なスペースやシステムの複雑さをあまり増やすことなく、レーダーシステムや量子コンピューティングシステムの効率的な拡張を実現できます。また外部トリガーに対する 50ns という短い反応時間により高い忠実性を保ったまま量子エラー訂正を可能にします。HDAWG では、発振器を内蔵することで波形のアップロード時間を最小限に抑え位相のコヒーレンスと波形の定義をサンプルに保つことができます。内蔵パルスカウンター（オプション）ではイオントラップや NV 中心の実験のセットアップを単純化することに寄与します。

NMR と分光測定

NMR や他の分光測定のシグナルはナノ秒から秒の幅広いタイムスケールになりがちです。HDAWG では可変サンプリングレートとパラメトリックスイープを使用することでこれらの測定の時間を抑えることができます。デジタルモジュレーションを使うことで位相コヒーレンスを保ったまま短い時間で波形をアップロードし、単一または複数のキャリア信号に任意のエンベロープを適用することができます。

半導体デバイスの試験

ネストされたシークエンス、波形の繰り返し、DIO 制御によるダイナミックシークエンスは高スループットが要求される試験に必要な条件になります。AWG シグナルを関数発生器と乗算、加算することで日常のテストルーチンを単純化し時間短縮に寄与します。

4 つの特長

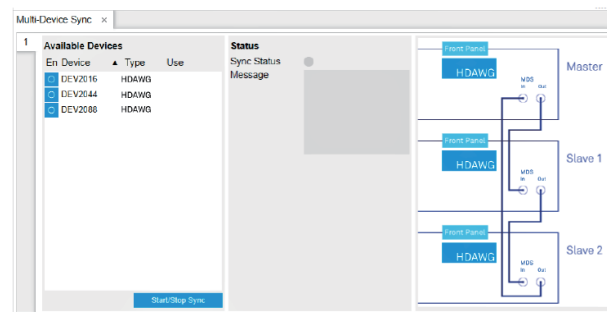
高級言語による AWG プログラミング : LabOne® UI

```
Sequence 'pattern_1.seq' [Examples...]
1 const fs = 2.4e9; // sampling frequency
2 const n = 8000; // waveform length
3
4 wave w_chirp = chirp(n, 10e6/fs, 30e6/fs);
5 wave w_gauss = gau
6
7 const A = 0x0f; w_gauss local
8 const B = 0x1e;
9
10 repeat (1000) {
11   playWave(w_gauss, w_gauss, w_gauss, w_gauss);
12   if (getAnaTrigger(1)==0) {
13     playWave(w_chirp);
14     setDIO(config_A);
15   } else {
16     setDIO(config_B);
17   }
18   wait(400);
19 }
```

LabOne® ユーザーインターフェースは、直観的で可読性の高いハードウェア制御システムを提供します。LabOne AWG シークエンサーで波形やシークエンスを定義した後、LabOne AWG コンパイラーにより機械語に変換し、ハードウェアに転送します。LabOne® シークエンスでは動的可変ディレイと条件分岐がサポートされています。

ガウシアン、ブラックマン、正弦波等の標準的な波形に加えて、LabOne には先端の波形を定義するための数学的および配列操作のツールが含まれています。波形の加算、乗算、切断、接続や、セグメント分けなどが容易に行うことができます。また MATLAB などの外部ツールで計算されたシグナル・波形をインポートするにはドラッグアンドドロップ操作で行えます。

マルチデバイス同期機能 : MDS

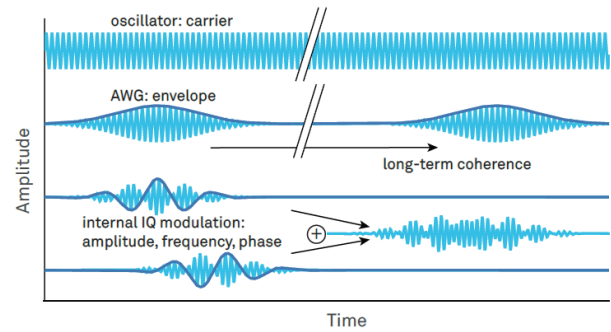


MDS を使用することで複数の HDAWG を一台の多チャンネル AWG として扱うことができます。

- 全ての装置を単一のインターフェース・API から制御
- 全ての出力チャンネルの完全同期
- 全ての装置の内部クロックの位相ロック
- UHF シリーズのタイムスタンプとサンプリングレートの同

複数の装置が接続されている場合、LabOne AWG コンパイラーはマスターシークエンスプログラムを全ての装置にわたり配布することができます。さらに自動トリガー交換プロトコルにより装置間の波形発生の同期を自動的に行います。MDS を使用することで波形発生だけではなく、共通のユーザーインターフェースを使用する他の ZI 製品を使用することでシグナル収録を含めた測定システムを構築することができます。これは共通のロックインアンプ、ボックスカー、デジタイザー、600MHz までの AWG 機能を持った UHF シリーズも含まれます。

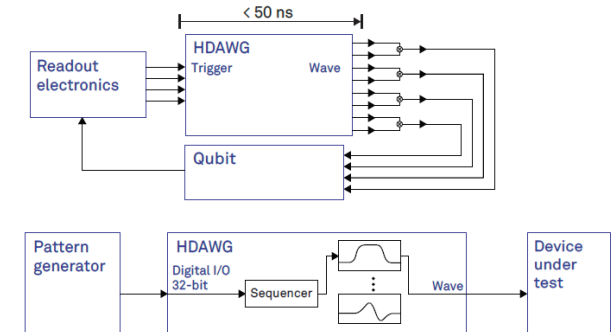
内部発振器、変調、位相制御



HDAWG にはデジタル発振器が内蔵されており、プログラムされた AWG エンベロープシグナルとは独立にキャリア信号を発信することができます。これにより長時間のシグナルを短い時間でアップロードを行いパルス間の位相コヒーレンスを保つことができます。これまで難しかったキャリア周波数と位相の調整やスイープを自由に行うことができます。

HDAWG-MF マルチ周波数オプションには内部発振器を増設し周波数、位相、振幅の各変調および周波数領域マルチプレクシングや位相サイクリングを可能にするフルデジタル I/Q 変調機能が含まれています。HDAWG-FG 関数発生器オプションでは正弦波キャリアだけでなくより広範なキャリアシグナルの変調も行うことができます。

低レイテンシートリガー・シークエンスプランニング



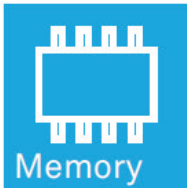
低レイテンシーデザインにより、HDAWG はフロントパネルの TTL 外部トリガー入力端子に信号を受け取ってから 50ns 以内に最初のサンプリング出力を発生することができます。これは量子コンピューティングにおいてデバイスの状態が短時間で変化してしまうことから、レスポンス時間をナノ秒でも小さくすることは実験の結果に大きく貢献します。4 または 8 チャンネルの出力は 2 または 4 つのグループにまとめることができます。それぞれのグループは独立にトリガーすることが可能でセットアップの異なる各部分にシグナル配分するときの自由度を高めます。高度に複雑なシグナルをリアルタイム制御するために、HDAWG は 32bit デジタル入力へのビットパターンにより最大 1024 のメモリーに保存された波形を選択することができます。これらにはデジタル変調パターン、デバイス固有のテスト波形、複数 qubit リードアウトの結果などが含まれます。

モデルとアップグレードオプション

HDAWG4 (右図) は4チャンネルモデルです。HDAWG8は冒頭の写真にあるように8チャンネルモデルとなります。これらの差は、チャンネル数とそれに伴う機能、例えば発振器の数などの違いのみです。ただし4チャンネルモデルを8チャンネルモデルにアップグレードすることはできません。HDAWGでは以下のオプションにより機能の拡張を行うことができます。またこれらのオプションは後付けすることも可能です。



HDAWG-ME 拡張メモリーオプション



- チャンネルあたりの波形メモリーを64MSaから500MSaに拡張

HDAWG-ME オプションによりサンプル毎定義による波形信号をより長いパターンで発生させることができます。これは標準的でない波形や、繰り返さないノイズ、UHFシリーズにより記録された波形などを発生する場合に有用です。

HDAWG-FG 関数発生器オプション



- 4,8チャンネル関数発生器
- 矩形波、のこぎり波、三角波他
- AWG信号による変調

HDAWG-FG 関数発生器オプションは標準的な信号の発生とAWG信号との加算、乗算による合成波形の幅を広げます。また専用のグラフィカルインターフェースから波形の調整を行いながらDDS(ダイレクトデジタル合成)により信号周波数、振幅、デューティサイクルが行えます。

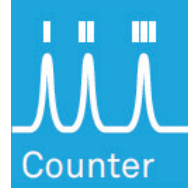
HDAWG-MF 多周波数オプション



- チャンネルペアあたり4発振器
- 複数キャリアーに対する独立エンベロープ
- 4変調信号加算器

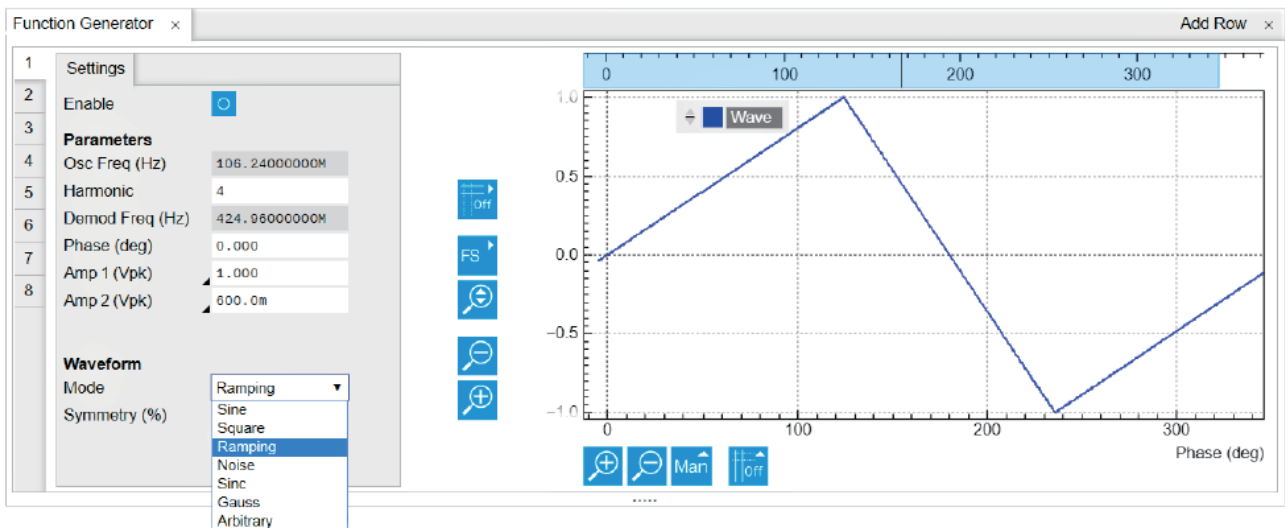
HDAWG-MF オプションは発振器を増設しHDAWGの変調機能を拡張します。これにより波形アップグレードがより高速になり、複数のキャリアー周波数の重ね合わせを調整するような場合によりフレキシビリティを持たせます。

HDAWG-CNT パルスカウンターオプション



- 4または8つのカウンターモジュール
- 最大300MHzのカウントレート
- 可変ディスクリミネーターレベル
- バックグラウンドの差引機能

HDAWG-CNT パルスカウンターオプションはAPDや光電子倍增管を使った実験などでの光子検出に使用できます。DIOやトリガー入力上の複数のパルス列等の分析を時間タグ付けなど5つの動作モードを使って行うことができます。またカウント数に応じたシーケンスの分岐や超高速早送りループを使用した量子エラー訂正を行うことができます。



LabOne上の関数発生器タブでは標準的な波形定義に直接アクセスしパラメーター設定を反映したプレビューを表示できます。これらの標準波形は、AWG波形に加算あるいは乗算を行うことができます。

仕様

一般

寸法 (バンパーを含む)	23.2 x 10.2 x 43.0 cm
重量	4.6kg
電源	AC: 100-240V, 50/60Hz

任意波形発生器

チャンネル	4 または 8
マーカー	チャンネルあたり 2(SMA に 1 個、DIO に 1 個)
分解能	16 bit
波形メモリ (チャンネルあたり)	64MSa 500MSa ⁽¹⁾
シークエンス長	16384 インストラクション
波形粒度	8 サンプル
最小波形長	32 サンプル

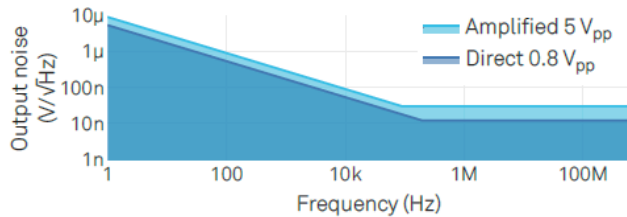
(1) HDAWG-ME オプション

波形出力

出力モード	増幅、ダイレクト
周波数範囲と最大振幅 (50 Ω)	0-750 MHz, 0.8 V _{p-p} ⁽²⁾ 0-300 MHz, 5.0 V _{p-p} ⁽³⁾

(2) ダイレクトモード時

(3) 増幅モード時



波形出力

出力インピーダンス	50 Ω (DC カップリング)
出力範囲 (50 Ω)	0.2 - 5.0 V _{p-p} ⁽³⁾ 0.8 V _{p-p} ⁽²⁾
オフセット電圧 (50 Ω)	± 1.25 V ⁽³⁾ 0 V ⁽²⁾
出力ノイズ (>200kHz)	<30 nV/√Hz (5V _{p-p}) ⁽³⁾ <12 nV/√Hz ⁽²⁾ 下図参照

時間領域特性

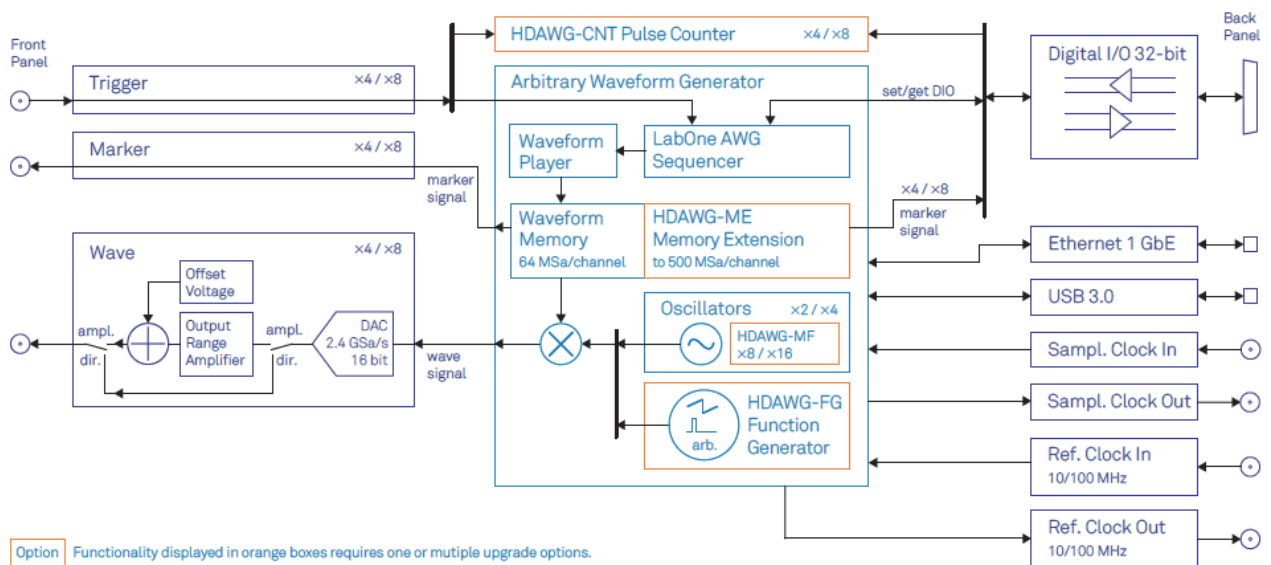
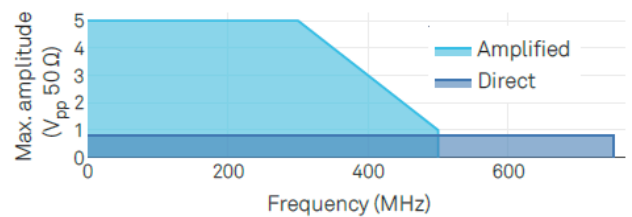
サンプリングレート	1.5 kSa/s - 2.4 GSa/s ⁽⁴⁾ 50 MSa/s - 2.4 GSa/s ⁽⁵⁾
サンプリングレート分解能	7 桁
立上り時間、立下り時間	<550 ps ⁽³⁾ (1V ステップ) <300 ps ⁽²⁾ (0.8V ステップ)
トリガーディレイ	<50 ns
チャンネル間スキュー	<200 ps ⁽⁶⁾ <20 ps ⁽⁷⁾
スキュー調整	範囲: 10 ns 分解能: 10 ps

(4) 内部クロック

(5) 外部クロック

(6) 任意のチャンネル間

(7) チャンネル 1-2 間、3-4 間 ...



Option Functionality displayed in orange boxes requires one or multiple upgrade options.