

任意波形発生ユニット U8793

波形発生ユニット MR8790

パルス発生ユニット MR8791

大矢 琢磨*1

要 旨

任意波形発生ユニット U8793, 波形発生ユニット MR8790, およびパルス発生ユニット MR8791は、メモリハイコーダ MR8847A, MR8827, MR8740, およびMR8741に装着できる波形発生ユニットである。U8793は正弦波などの標準波形や、これらのメモリハイコーダで測定した波形を出力できる。MR8790は正弦波とDCを出力でき、MR8791はパルスとパターンを出力できる。ここに製品の概要、構成、および特長について解説する。

1. はじめに

自動車業界では、実験現場や検査において、センサ信号を模擬する波形発生器が使われている。近年、燃費と安全性の向上を目的とする多数のセンサが使用され、波形発生器も多くのチャンネルが必要になっている。また、フィールドや実験で測定した波形を再現して出力し、シミュレートすることも行われている。この場合、測定器と発生器が別々のため、PC で変換などをしなければならない煩わしさがあり、メモリハイコーダ 1 台でこれらを行いたいとの要求がある。

U8793, MR8790, および MR8791 は、メモリハイコーダに装着することで、これらの要求に応えるべく、「測定と発生を 1 台で」をコンセプトに製品化したユニットである。

2. 概要

メモリハイコーダは主にトラブルシューティング、実験、および検査の 3 つの用途で使用されている。それぞれにおいて、波形発生器が同時に使用されていることが多い。これらの用途において、発生器の準備や測定データを変換する作業といった段取り工数を減らすため、メモリハイコーダで波形を発生させたいという要望があった。

フィールドではシステムや機器の誤動作は、ノイズなどの突発現象による原因で起こる。メモリハイコーダで誤動作の原因となる信号を突き止め、その信号を発生器で再現して出力し、シミュレートすることで対策を講じることが有効である。しかし、この用途を実現するためにはメモリハイコーダと発生器の 2 台が必要である。これらの間でのデータ引き渡しが煩わし



U8793 の外観



MR8790 の外観



MR8791 の外観



MR8847A の外観

*1 技術部 技術1課

いため、1 台で信号の測定と発生ができるメモリハイコーダが求められている。

また、自動車の ECU などの検査においては、センサなどの出力を模擬した信号を基板に印加し、その振る舞いをメモリハイコーダで測定し、基板の良否を判定する。センサ数の増大に伴い、印加する模擬信号の数が多くなってきており、信号発生においても多チャンネル化の要望が増えてきている。

さらに、自動車部品はバッテリー電圧+12 V を基本に動作するため、試験は+12 V $\pm$ 20%で行われる。一般的な波形発生器は+10 V までの出力のため、それを超える信号を印加する場合には、増幅アンプを使用する必要があるが、センサ出力などの微小な変動を模擬する場合、信号には増幅アンプのノイズが載ってしまうなどの問題がある。

これらの問題を解決すべく、メモリハイコーダに実装できる波形発生ユニットを3種類開発した。従来は個別に必要であった波形発生器をユニット化することで、測定したデータをその場で出力することや、多チャンネル化を実現させている。

3. U8793の特長

メモリハイコーダに、U8793を装着したときの特長を以下に述べる。メモリハイコーダ本体および測定ユニット装着時の特長については、日置技報 VOL.30 2009 NO.1を参照されたい。

(1) 最大 15 V の出力電圧

出力電圧範囲は-10 V から+15 V までである。前述のように、12 V 系の自動車用センサや関連部品などの模擬信号として、マージンを考慮して約 15 V 程度の電圧が必要になる場合がある。U8793 は増幅アンプを接続せずに+15 V まで出力できる。

(2) 任意波形出力

ユーザが作成した波形またはメモリハイコーダで測定した波形データを U8793 のメモリに読み込むことで、任意波形を出力できる。実測した波形を再現して出力できるので、たとえば、不具合発生時の波形を測定し再現出力することで、再現試験やシミュレーションなどに効果的である。

実測波形データの読み込みは、メモリハイコーダ本体のメモリから読み込む方法と、記録メディアを経由して読み込む方法の2種類が可能である。

また標準波形として 100 kHz(設定分解能は 10 mHz)までの正弦波、矩形波(Duty は 50%固定)、パル

ス波(Duty は可変)、三角波、およびランプ波が用意されている。

(3) 全チャンネル絶縁・同期出力

メモリハイコーダ本体とすべての出力チャンネル間、ならびに各出力チャンネル間は絶縁されている。

また U8793 は全チャンネルについて同期出力が可能である。多チャンネルであることと、チャンネル間の位相を設定して出力できることにより、多系統の模擬信号出力や再現試験が可能である。

(4) 1 台で測定と発生

U8793 と測定ユニットを混在させて装着できるので、前述のように、測定した波形を出力できることのほかに、波形を出力しながら測定できる。出力波形を変化させながら、アナログ信号の応答波形を測定する用途に最適である。

1 台で測定と発生が同時に行えるため、波形発生器が必要なく、発生器用のスペースや電源を確保する必要がない。

(5) スイープ機能

波形の振幅、周波数、オフセット電圧、および Duty(パルス波のみ)をスイープさせることができる。これらのパラメータは同時にスイープさせることができるので、複雑なパターンの波形も容易に設定できる。

(6) プログラム機能

最大 128 ステップをつなぎ合わせて、順次出力するシーケンス動作ができる。ステップごとに標準波形、任意波形、スイープ波形などの異なる波形を設定でき、各ステップやプログラム全体の繰り返し数も設定できる。

4. 構成

4.1 メモリハイコーダ MR8847A

図 1 にメモリハイコーダ MR8847A 本体と波形発生ユニットのインタフェース部のブロック図を示す。メモリコントロール部(FPGA)の詳細については、日置技報 VOL.30 2009 NO.1を参照されたい。

測定ユニットは、調整データなどの情報が書き込まれたROMを搭載している。電源投入直後、メモリコントロール用 FPGA(Field Programmable Gate Array)が、装着されたユニットの情報を読み取り、レジスタに格納する。(図 1 Unit 1: 8966) 測定ユニットと本体の間の通信にはシリアルインタフェースを使用し、ROM の内容を一括で転送している。

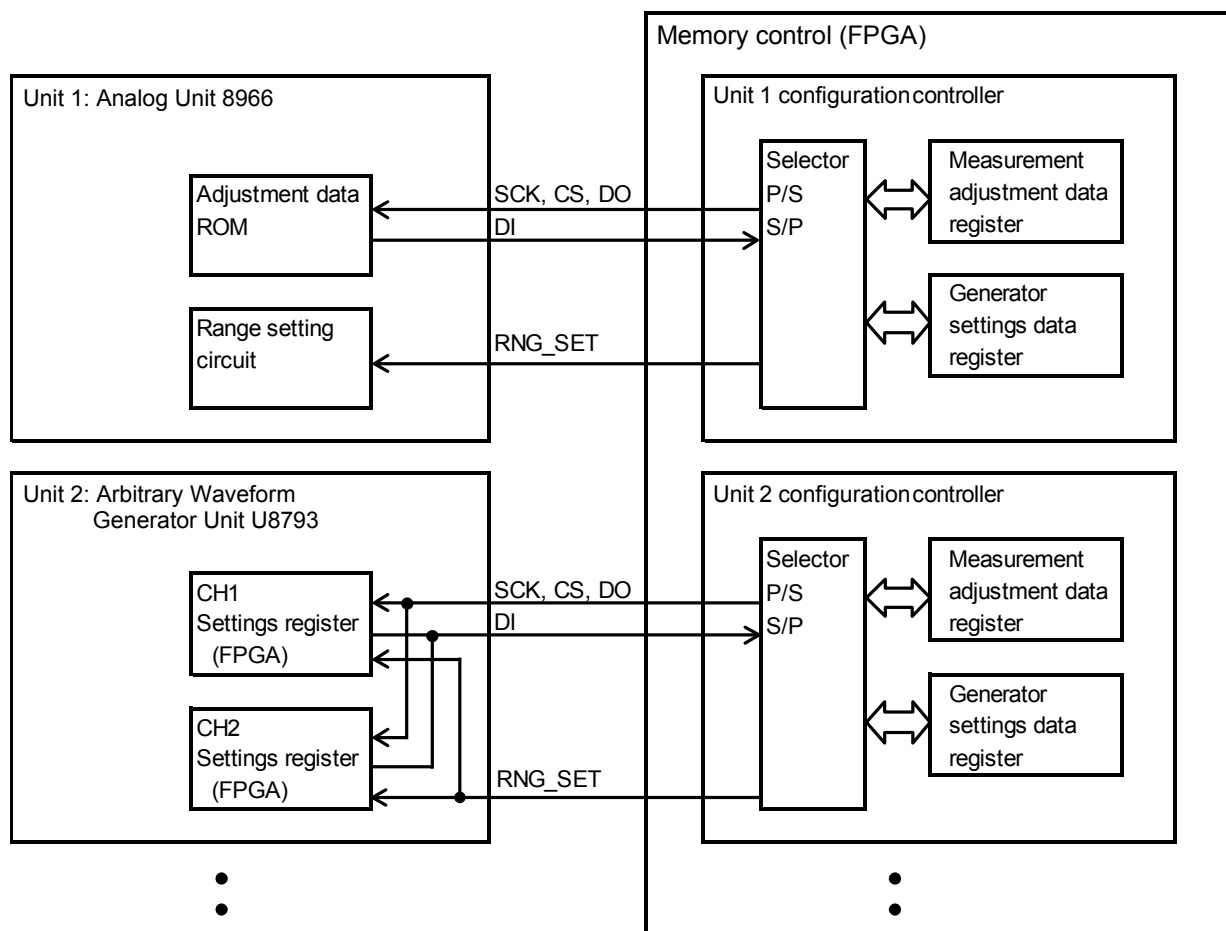


図1 インタフェースブロック図

U8793 は、このインタフェースを測定ユニットと共用することで、ユニットのピン数を増やさずに測定と発生の共用設定を行う仕様とした。

発生ユニットには FPGA が搭載されており、メモリハイコード本体とのインタフェースはこの FPGA が行う。(図1 Unit 2: U8793)

(1) ユニット認識

電源投入時にユニットを認識した後、測定ユニットか発生ユニットかをユニット設定コントローラが判断し、セレクタ出力を切り替える。測定ユニットの場合は、ROMの転送モードとなり、発生ユニットの場合はレジスタ転送モードとなる。

(2) レジスタ転送モード

メモリハイコード本体から U8793 に設定データおよび波形データを転送するのに、独自のシリアルインタフェースを使用している。これらのデータを高速に転送するため、ユニットに搭載されている FPGA のレジスタと本体のユニット設定コントローラのレジスタはミラーリングした。本体側のレジスタにアクセスすることで自動でユニットへの設定や情報の読み出しが行

われる仕様とし、高速化を図っている。チャンネル個別または全チャンネルに対して、指定レジスタ範囲または全レジスタ範囲を自動で転送できる仕様となっている。

(3) その他インタフェース

U8793 へ供給するシステムクロックには、測定データ転送用クロック 20 MHz を使用している。また、開始信号などに測定ユニット用のレンジ設定信号を共用している。これらの信号は、各ユニットに供給されるため、ユニット間の同期や位相設定ができるようになっている。

4.2 任意波形発生ユニット U8793

図2に U8793 のアナログ部ブロック図を示す。FPGA で生成された波形データは、D/A コンバータでアナログ信号に変換され、変換後は出力する波形の種類により信号の経路を切り替えている。正弦波と DC は、D/A コンバータのアナログ信号を滑らかにするためのローパスフィルタを経由してから、最終段の増幅回路で電圧増幅され出力される。それに対し正

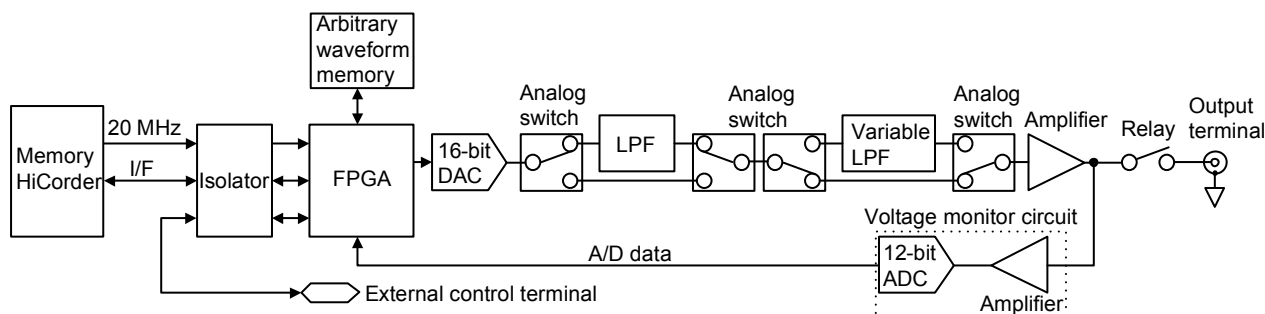


図 2 U8793 のアナログ回路ブロック図

弦波以外の標準波形および任意波形は、矩形波などのエッジ部分がなまるのを防ぐため、ローパスフィルタを経由せず最終段の増幅回路で電圧増幅され出力される。

任意波形のみは、可変ローパスフィルタを経由する経路が設けられている。これにより D/A コンバータの更新レートが遅い場合の波形でも、スプリアスの少ない波形にすることができる。

また、出力電圧をモニタする回路が付加されている。

(1) FPGA 部

FPGA では出力波形データの生成、D/A コンバータや可変ローパスフィルタ、外部制御端子の制御、電圧モニタ回路用 A/D コンバータのデータ処理などが行われる。

標準波形のデータは、メモリハイコーダ本体からの 20 MHz クロックで動作する DDS(Direct Digital Synthesizer)方式をベースに生成される。DDS 方式は広い周波数範囲にわたって周波数を細かく設定できる。これにより、10 mHz から 100 kHz の出力周波数範囲と 10 mHz の設定分解能を実現している。

一方、任意波形のデータは、DDS 内の位相加算器とラッチで構成されるアキュムレータから生成したクロックを用いて、任意波形メモリから波形データを順次読み出して生成される。波形データを読み飛ばすことが無いため、スパイクノイズが重畳したような急峻な波形も再現できる。

このようにして生成された波形データは、デジタル的に振幅とオフセットが調整され D/A コンバータの入力データとなる。

(2) D/A コンバータ部

パラレル 16 ビット入力の差動電流出力型 D/A コンバータを使用している。差動電流出力であるので、同相ノイズを低減できる。出力波形が標準波形時の D/A コンバータの更新レートは 20 MHz である。任意

波形時は可変更新レートに対応するため、アキュムレータから生成したクロックを使用することによって、D/A コンバータの更新レートを 10 mHz 単位で変更できる構成になっている。

(3) 任意波形用ローパスフィルタ部

カットオフ周波数を、50 Hz から 1 MHz まで 14 段階で変更できる 2 次ローパスフィルタとなっている。抵抗素子に高分解能のデジタルポテンショメータを使用することにより、高精度のネットワーク抵抗を使用する必要がなく、安価に多段階のカットオフ周波数を実現している。詳細については日置技報 VOL.20 1999 NO.1 を参照されたい。

(4) 出力電圧モニタ回路部

電圧が正常に出力されているか確認できるようにするため、最終段の増幅回路の出力を 12 ビット A/D コンバータによって 125 kS/s でデジタル変換し、FPGA でデータ进行处理している。メモリハイコーダ本体で専用のテストモードに入ると、出力電圧値が表示され簡易的な自己診断機能として使用できる。

5. 機構

U8793 の外装部品は、MR8847A シリーズのユニットと同じ筐体構造にすることで部品の共通化を図った。出力端子は測定ユニットへの接続間違いを防止するため、同シリーズで多く使用する BNC タイプではなく SMB タイプを採用した。これにより OUTPUT の注意書きだけでなく、直観的に入力端子でないことを理解できるようにした。

オプションのケーブルは、先端形状がコネクタタイプとクリップタイプの 2 種類を用意した。

6. 関連製品

U8793 の関連製品として, MR8790 および MR8791 を製品化した. 以下に特長を記載する.

(1) MR8790

1 ユニットあたり 4 チャンネルの構成で各出力チャンネル間は絶縁されている.

DC および 20 kHz(設定分解能は 1 Hz)までの正弦波を出力できる. 特に DC は出力確度が出力設定値に対して ± 0.6 mV の高精度であるので, 微小なセンサ出力の電圧変化を模擬した信号を出力できる.

(2) MR8791

1 ユニットあたり 8 チャンネルの構成で, 出力チャンネルはメモリハイコーダ本体と絶縁されている(各出力チャンネル間是非絶縁).

各チャンネルが独立した 20 kHz(設定分解能は 0.1 Hz)までのパルスを出力するか, 全チャンネルが同期したパターンを出力するか選択できる. パターンの読み出しクロックは 120 kHz(設定分解能は 10 Hz)まで設定できる.

また, 出力形態は TTL レベルのロジック出力とオープンコレクタ出力を, チャンネルごとに設定できる.

7. おわりに

実験や解析においては, PC アプリケーションソフトで作成したノイズ波形などを任意波形発生器で出力し, シミュレーション試験を行っている. しかし, 近年はインバータなどの複雑な機器の普及でノイズや突発現象が模擬(想定)しづらくなってきている. そのため, フィールドで測定した実際のノイズ信号を再現して出力し, シミュレーションすることが必要となってきた.

U8793 は, フィールドで測定した波形をそのまま出力できる, 多チャンネルの任意波形発生が構成できる, および+15 V までの波形出力ができる, の 3 つの利便性がある. これらの利便性が, ユーザの製品の品質向上および検査効率向上に役立つことを期待している.

塚田 英一^{*2}, 松村 敏浩^{*3}

参考文献

- 1) 塚田英一: メモリハイコーダ 8847, 日置技報, VOL.30 2009 NO.1, 1/4 (2009)
- 2) 若松英彰: 7075 ウェーブフォームジェネレータ, 日置技報, VOL.20 1999 NO.1, 25/32 (1999)

*2 技術部 技術1課

*3 技術部 技術10課

任意波形発生ユニット U8793, 波形発生ユニット MR8790, パルス発生ユニット MR8791