

メモリハイコーダ MR6000/MR6000-01

4ch アナログユニット U8975

高速アナログユニット U8976

浜 崇*1

要 旨

メモリハイコーダ MR6000は、サンプリング速度、保存速度、およびその操作性において、シリーズ史上最高の仕様を実現した波形記録計である。ここに製品の概要、機能、特長、および構成について解説する。

1. はじめに

1983年にメモリハイコーダを初めて世に出してから35年になる。現在、そのラインアップは多岐にわたる入力チャンネル数によって4種類に分類できる。それぞれの特長は以下のとおりである。

- 2チャンネル
コンパクトで軽量のハンドヘルドタイプ
- 4チャンネル
高圧入力に対応したポータブルタイプ
- 16チャンネル
プラグインユニット形式のスタンダードタイプおよび車載向けタイプ
- 54チャンネル
システム、生産ラインなどに組み込まれる多チャンネルタイプ
今回当社は、このラインアップにフラッグシップモデルとしてメモリハイコーダ MR6000/MR6000-01 を加えた。

MR6000/MR6000-01 は、次のようなシリーズ最高の性能を実現した(従来機種比)。

- 10倍の高速測定(200 MS/s. 毎秒 200×10^6 回のサンプリング)
- 32倍の高速リアルタイム保存

2. 概要

研究および開発の現場では、測定対象の高速化により、一瞬の変化を逃さないサンプリング速度が要求されている。また、近年の技術の複雑化に伴って、



MR6000/MR6000-01 の外観



U8975 の外観



U8976 の外観

信号波形の異常を捉えることが難しくなっており、異常時のトリガ条件を設定したくても、その条件がわからないという状況が増えている。さらに、シミュレーションによる開発が進み、実験によるデータ取得の機会が1回しかないという状況も広がっている。

こうした状況に対応するため MR6000/MR6000-01 には以下の機能を追加した。

- サンプリング速度 200 MS/s の高速絶縁測定
- 最大 32 チャンネルの多チャンネル測定

*1 プロダクトマーケティング部 プロダクトマーケティング1課

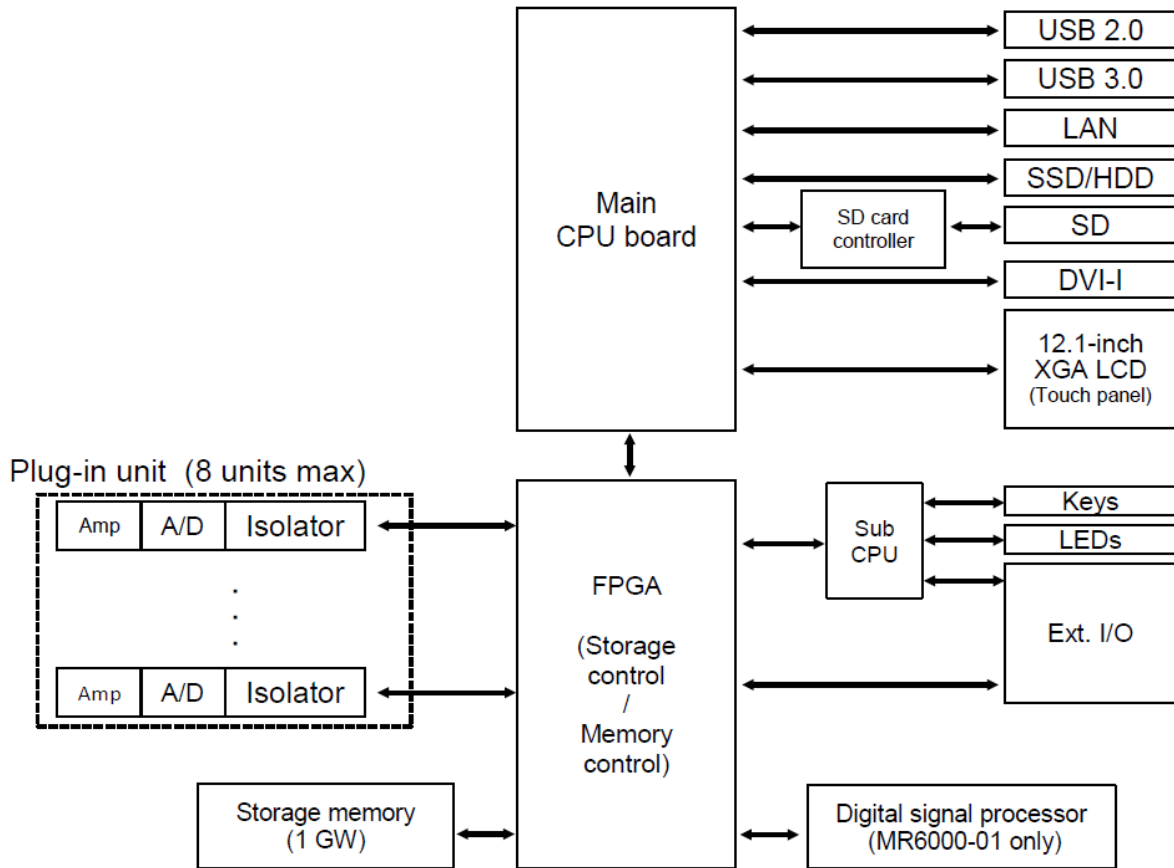


図1 ブロック図(本体)

- サンプル速度 1 MS/s, 32 チャンネルの測定をしながらリアルタイムに保存(記録時間は約 1 時間)
- 記録した波形から異常現象が発生した箇所を探しやすい検索機能

研究および開発の現場におけるさまざまな要求に応えることができる波形記録計である。

3. 機能・特長

(1) 豊富な測定ユニット

メモリハイコーダの特長の 1 つは、測定ユニットの種類が多いことである。MR6000/MR6000-01 は、従来機種であるメモリハイコーダ MR8847A が用意する 10 種類のユニットを使用できる。

これらに加え、4 チャンネル 5 MS/s 16 ビットの性能で最大 32 チャンネル(8 ユニット使用時)の測定ができる 4ch アナログユニット U8975, および 200 MHz のサンプル速度でデータを取得できる高速アナログユニット U8976 を新規に開発した。

(2) 1 MS/s 32 チャンネル リアルタイム保存

実験現場では、一度しか現象を測定する機会がないため、すべての現象を一度に観測したいという

要求がある。この要求に応えるため、MR6000/MR6000-01 は、リアルタイム保存機能の性能を従来機種よりも向上させた。新たに SATA III 規格の内蔵 SSD を採用し、ソフトウェアのアルゴリズムを最適化することで、1 MS/s のサンプル速度で 32 チャンネルのデータを約 1 時間記録できるようにした(SSD ユニット U8332 搭載時)。また、LAN を経由して、PC に 1 MS/s の、サンプル速度で 8 チャンネルのデータをリアルタイムに転送することもできる。

(3) 波形検索機能

一度にすべての現象を取り込んだ場合、その膨大なデータをスクロールしながら異常現象を探し出すのは非常に困難である。そこで MR6000/MR6000-01 では波形検索機能を搭載した。中でも新機能「メモリハイコンシェルジュ」は、ヒストグラム交差法というアルゴリズムを応用し、ヒストグラムまたは標準偏差を用いることにより波形の特徴を自動で検出する技術を導入した。これにより、基本波形または直前波形のいずれかの基準となる波形と測定したすべてのデータとを容易に比較できるようになり、類似性の低い波形を異常波形として順に探し出すことができるようになった。

(4) 保存時間の短縮

メモリハイコーダは、扱うデータ量が膨大であるために、外部記録メディアへの保存時間が長くなるという問題があった。MR6000/MR6000-01 ではインタフェースを刷新し、USB3. 0、ギガビットイーサネット (GbE) および SD UHS スピードクラス 1 に対応した。これによりデータ転送が改善し、保存時間を従来比で約 1/10 にまで短縮した。

(5) 静電容量式タッチパネル

従来機種では意図した設定を完了するまで何回もキーを操作する必要があった。MR6000/MR6000-01 では静電容量式タッチパネルを採用し、画面に並ぶ設定項目を直接選択できるようにした。波形画面におけるカーソル操作では、指を画面に接触させたままカーソル位置の波形を拡大または縮小できるようにした。確認したい位置へのカーソルの移動と、画面の拡大を何度も繰り返すという手間を大幅に削減している。

一方、物理的なキーによる操作が好まれる機能については、筐体前面にハードキーを配置し、タッチパネルの操作だけでなくキーによりそれらの機能を操作できるようにした。

4. 構成

4.1 メモリハイコーダ MR6000/MR6000-01

図 1 に MR6000/MR6000-01 のブロック図を示す。メインである CPU ボードが、測定動作などのシステム全体および各種インタフェースを制御している。プラグインユニット形式のユニット装着部には最大 8 ユニットの装着でき、アナログ信号とロジック信号とを同時に測定できる。ユニットに搭載された A/D コンバータで量子化された測定データは、電気的に絶縁されて FPGA (Field programmable gate array) に送られる。

MR6000-01 にはデジタルシグナルプロセッサを搭載することで、リアルタイム波形演算機能を実現した。

(1) ストレージ制御部およびメモリ制御部

MR6000/MR6000-01 では FPGA を用いて、ストレージとメモリを制御している。従来機種では、入力ユニットから LVDS (Low voltage differential signaling) 通信で測定データを取得していた。しかし LVDS 通信で 200 MS/s のサンプリング速度による記録を実現するためには帯域が不足していた。今回は、FPGA の高速トランシーバ機能に搭載された 8b10b 変換と独自プロトコルとを組み合わせたことで、16 チャネル

のデータを同時に、200 MS/s のサンプリング速度で記録することができるようになった。測定データを一時保存するストレージメモリには DDR3 メモリを採用し、大容量データの高速保存と高速読み出しを実現した。

(2) リアルタイム波形演算機能

10 MS/s の演算レートで、測定と同時に最大 16 項目をリアルタイムに演算できる。この機能を使えば、リアルタイムに処理できるデジタルフィルタを実現できる。演算ソースとして、測定ユニットから取り込んだアナログ信号だけでなく、演算結果を使用した複雑な演算もできる。

(3) ソフトウェア

快適な操作性、高速な処理、最新デバイスへの対応などを高いレベルで実現するため、OS には Windows 10 IoT Enterprise を採用した。

要求される機能に応じて最適なソフトウェアを選択している。ユーザインタフェース部は、タッチパネル操作と親和性のある UWP アプリケーションで作成した。また測定機能部は、周辺デバイスの能力を最大限に引き出すため Windows® デスクトップアプリケーションで作成した。これら 2 つのアプリケーションは内部通信によって結ばれ、あたかも 1 つのソフトウェアのように動作している。将来は、それぞれを独立した製品として展開することも視野に入れている。

従来機種で採用していたメモリファンクションとレコーダファンクションという概念を改めた。サンプリング速度、測定データ数などの基本設定に測定方式、演算、リアルタイム保存などの応用機能を追加して設定する形式とした。これにより機能間で重複した設定と機能間の制約を極力なくすることができ、直感的な操作で設定できるようになった。

(4) 機構

メモリハイコーダのハイエンドモデルとして、研究および開発の環境になじむ白を基調とした。筐体のすべてのエッジを面取りすることで、シャープかつコンパクトを印象付ける外観とした。筐体前面には、大型液晶タッチパネルを配置した。ハードキーは物理的な操作に適した機能に絞り、シンプルに仕上げた。底面と背面に設けた支持脚は卓上、床上を問わずタッチパネルの視認性と操作性を向上させた。グリップ性に優れたハンドルは可搬性を向上させている。

MR6000/MR6000-01 は、従来機種の 8861-50/8861-51 と比較すると体積比 50%、重量比 60% を実現している。この小型化は、熱解析を実施し、適切な熱

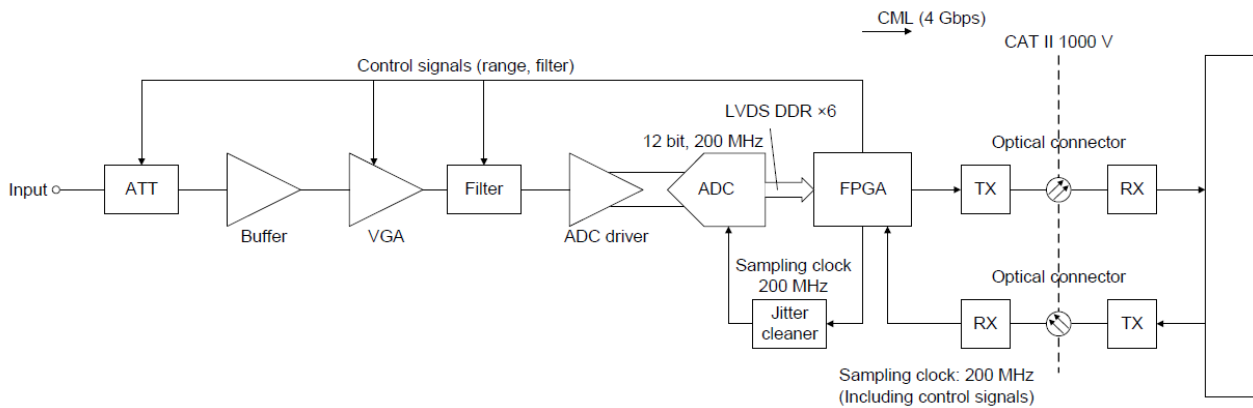


図 2 ブロック図(U8976)

源の配置, ならびに吸排気位置および面積を設計することにより達成した. さらに, 材質は従来の ABS から, より強度と耐熱性が高いポリカーボネート(ガラス繊維含有率 10%)に変更し, コンパクトな製品かつ堅牢性を有する製品に仕上げた.

4.2 4ch アナログユニット U8975

(1) ハードウェア

U8975 は, アナログ入力端子を 4 つ備えた多チャンネル計測向けの MR6000/MR6000-01 専用のユニットである. 8 ユニットの U8975 を使用することで 1 台の MR6000 で最大 32 チャンネルの信号を計測できる. また, アナログ帯域 2 MHz, DC 確度 $\pm 0.1\%$ f. s. であるため, アナログユニットとして十分な性能を備えている. チャンネル数は増えたが, 1 チャンネルあたりの実装面積を減らして安全距離を確保した. 対地間最大入力電圧は CAT II 300 V であり, これは従来のユニットと同等である.

(2) FPGA

実装面積を減らすためには, 絶縁しなければならない信号の数も少なくする必要があった. しかし, 5 MS/s, 16 ビットの測定データをユニット内部の A/D コンバータから本体のストレージ制御部まで伝送しなければならない. FPGA を絶縁された計測ブロックと本体インタフェースブロックの両方に搭載することで解決した. 具体的な方法は, PLL 機能を使用して転送速度を上げた DDR 通信およびサンプリング同期信号と設定信号を混在した送信である. また, 従来機種では本体の FPGA が調整値を使った測定値の補正を処理していた. これを U8975 の FPGA で処理できるようになり, 本体の FPGA の負担を大幅に削減している.

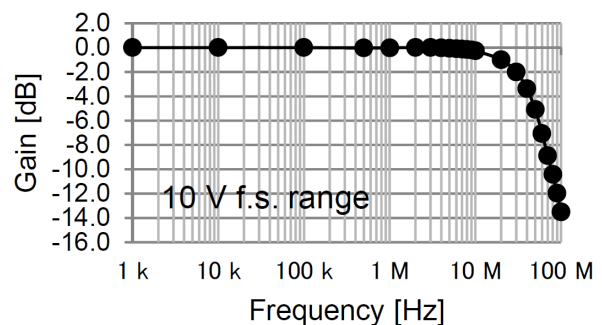


図 3 周波数特性

(3) 機構

従来機種のアナログユニット 8966 と比較し, 1 チャンネルあたりの実装面積を 70%削減した. これにより, メモリハイコーダ MR8847 シリーズのユニットと共通の筐体成形品を使用できた. また, シールド部品は各チャンネル共通とし, 確実に安全距離を確保するため, 高精度に生産できるプレス成形とした.

4.3 高速アナログユニット U8976

(1) ハードウェア

U8976 は, MR6000/MR6000-01 専用の, 30 MHz のアナログ帯域で 200 MS/s のサンプリングで波形を測定できるユニットである. 400 V DC まで直接入力でき, 10:1 プローブ 9665 を使用すれば 1000 V までの電圧を測定できる. 対地間最大入力電圧は CAT II 1000 V と安全性にも配慮した設計となっている. 図 2 にブロック図を示す. 光ファイバーによるデータ転送を採用することにより, 従来の絶縁デバイスでは不可能であった絶縁距離の確保と高速データ転送の両立を実現した. 図 3 に周波数特性の代表例を示す.

(2) 機構

ユニットの体積は従来のユニットと同じでなければならないという制約があった。製品の仕様を満足するため実装面積が 30%増えた回路は、デジタル回路部を別基板にして積層した。

筐体成形品は、積層した回路と安全距離を確保するため、および新たに追加した高速伝送用コネクタを保護するため、すべて新規に製作した。シールド部品は、従来のユニットでは回路部のみを覆っていたが、U8976 では耐ノイズ性を上げるため端子部まで覆った。熱対策として、上下ケースの材質は、従来のポリカーボネート/ABS から耐熱性の高いポリカーボネート(ガラス繊維含有率 10%)にした。

放熱は、2 つの方式を併用した。

- パネルに開口部を設けて本体のファンにより空気を吸い込む強制空冷
- 熱源とシールド部品との間に熱伝導シートを貼り付けて基板パターンへ伝導

5. おわりに

MR6000/MR6000-01 は、高速絶縁測定と多現象を長時間測定する能力の双方を併せ持つ、メモリハイコーダのハイエンド機種として開発した。

昨今の PC 計測で必要とされる PC への高速転送、従来の性能では不満とされていた外部記録メディアへの保存時間を短縮、200 MS/s 16 チャンネル同時絶縁測定など、性能にこだわった製品である。

MR6000/MR6000-01 が研究および開発の現場において活用されることを期待する。

和田 竜也*2, 服部 好樹*2, 鈴木 善一*2,
斎藤 雄太*2, 松村 敏浩*3

商標

- Windows は米国 Microsoft Corporation の米国、日本、およびその他の国における登録商標または商標です。

*2 技術1部 技術1課

*3 技術4部 技術10課

メモリハイコーダ MR6000/MR6000-01, 4ch アナログユニット U8975, 高速アナログユニット U8976