

製造工程用の低コスト検査モジュールの開発

Development of low cost inspection module for manufacturing process

菊池 晃平
Kohei KIKUCHI

植原 孝之
Takayuki UEHARA

北井 啓介
Keisuke KITAI

土居 隆博
Takahiro DOI

要旨

当社の主力製品のひとつであるカーインフォテインメント製品の市場においては、新規メーカの参入による競争激化や顧客ニーズの変化に伴い、製品の低価格化や多機能化が進んでいる。このような環境変化に対し、生産場面においては、多機能化に伴うコスト増加分も考慮した上での、組立コストおよび検査コストの低減が急務である。

検査コストのうち設備費に着眼すると、従来より設備費の低減に取り組んできたものの、製品の多機能化に伴う検査項目の増加により、設備費の低減が追いついていないのが現状である。そこで、設備費の大半を占める計測機器を、これまでの発想と違った、当社製品の回路を計測機器として活用するというアイデアの下に開発した低コストな計測機器（検査モジュール）に置き換えることで、設備費低減の実現を目指すこととした。

この稿では、この検査モジュールの概要を紹介する。

Abstract

As for the market of a car infotainment product which is one of DENSO TEN's main products, the lowering of price and the multiple functionalization of products are proceeding due to the increased competition by the entry of new manufacturers and the change of customer needs. Under the circumstances, we immediately need to reduce the cost for assembly and inspection in production considering the cost increase in accordance with the multiple functionalization.

Focusing on the equipment cost among the inspection cost, we have continuously worked on the reduction of the equipment cost, however, our efforts do not keep up with actual cost until now because of the increase of inspection items resulting from the multiple functionalization. Therefore, we aim to realize reduction of equipment cost by replacing with the low-cost measurement equipment (inspection module) which has been developed under the unprecedented idea using the circuit of DENSO TEN's products instead of third party's measurement equipment that comprises a large part of the equipment cost.

We introduce the outline of this inspection module in this paper.

1. はじめに

当社の主力製品のひとつであるカーインフォテインメント（以下、CI）製品は多機能化が進んでい

る反面、低価格化が進んでいる。生産場面においては多機能化に対応するため工程が増加する傾向にあるが、中でも検査工程の比重が高まっており、如何に検査コストを削減するかが重要な課題と

なっている。

これまで当社では検査の自動化や高速化に取り組むことで検査コストの低減を進めてきたが、競争力向上のため更なる施策として検査コストの中で設備費に着目し、設備費低減へ向けた開発に取り組んだ。

2. 検査工程の現状と開発の方向性

CI 製品の検査工程では、製品の全機能確認および要求性能保証を目的として、製品から出力される信号の測定や動作の検査を実施している（図1）。

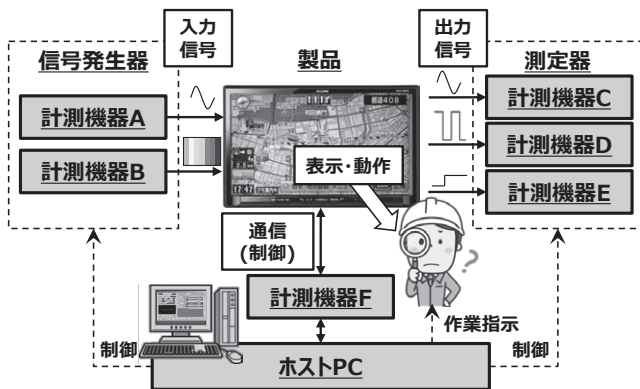


図1 検査の概要

検査項目はおよそ300件あり、検査に使用する計測機や生産台数、検査時間を考慮し、検査項目を複数のプロセスに割振ることで設備費の低減を図っている。また、検査項目を割振りできない場合は、必要数の設備を配置することにより生産能力を確保している（図2）。

このように工程設計を工夫することで設備費の低減に取り組んできたが、製品の多機能化に伴う検査項目の増加により、設備費の低減が追いついていないのが現状である。ここで、検査工程の設備費の内訳を調査したところ、購入品である計測機器が大半を占有する状態であり、この計測機器のコスト削減を目指すこととした。

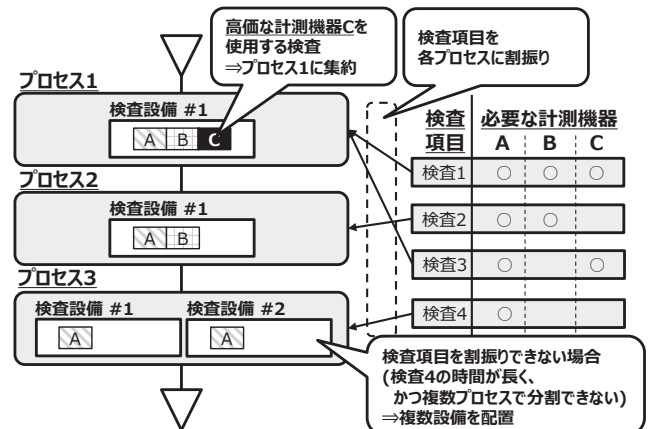


図2 検査工程の概要

当社では検査に使用する計測機器を、これまで、さまざまな製品の検査に幅広く使うことを念頭に選定してきた。そのため、機能の充実している市販品を選定しており、計測機器の価格も上昇する傾向があった。また、市販の計測機器を内製することでコストダウンする方策も検討したが、開発費を考慮するとコストメリットが乏しく、実施できなかった。しかし検査技術開発を進める中で、これまでの発想と違った、当社製品の回路を計測機器として活用するというアイデアが生まれた。また、当社では検査を効率的に行う目的で、シングルタスク（OSレス）で動作し、検査における最低限のデバイス制御に主眼を置いた製品制御用組込みソフトの開発も行っており、この組込みソフト技術を応用すれば安く内製できると考えた。次項より内製化によるコストダウンの取組みについて述べる。

3. 計測機能内製化によるコストダウンの方策

計測機能の内製化においては投資対効果を考慮し、検査工程で使用している計測機能群からコストメリットおよび汎用性のある機能を抽出し、一体化する開発を行うことでコストダウンを目指すこととした。

計測機能内製化の概要を図3に示す。従来、プ

プロセス1～4では計測機器A～Dをそれぞれ使用して検査を行っていたとする。計測機器B・Cに着目すると、プロセス1では計測機器の持つ機能の75%を使用して検査を行っているが、プロセス2～4では全機能の25%しか使用していない。言い換えれば、この25%の機能が必要であるために、プロセス2～4ではわざわざ計測機器B・Cを購入している。そこで、計測機器B・Cの25%の機能を織込んだ機器を内製し、計測機器B・Cを置き換える。また、計測機器Bの一部回路と計測機器Dの一部回路は同じであり、わずかな部品の追加のみで計測機器Dの機能を安価に構築できるため、計測機能Dの機能も内製機器に搭載する。計測機器Aはプロセス1でしか使用しないため、そのまま計測機器を使用する。

このようにして、計測機器B・C・Dの機能を織込んだ内製機器により計測機器を置き換えることで、プロセス2～4より計測機器8台の削除を実現する。この内製する機器を検査モジュールと呼び、次項以降で概要を説明する。

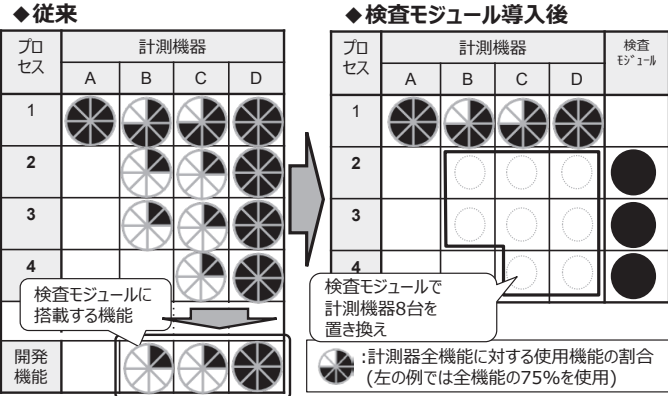


図3 計測機能内製化の概要

4. 検査モジュールの開発

4.1. ハードウェア・ソフトウェアの概要

4.1.1. ハードウェア（回路ブロック）

ハードウェアのブロック構成を図4に示す。

開発にあたっては一体型実現のため、各部を制御するSoC（System on Chip）を中心に信号発生部と測定部、車載LAN部、デジタル信号入出力（DIO）部により構成した。これらのハードウェアは、部品コストや開発工数圧縮の観点から当社製品の回路をベースとしつつも、回路の必要性を再吟味の上、回路構成やICの端子設定などの検討を重ねることで開発を行った。

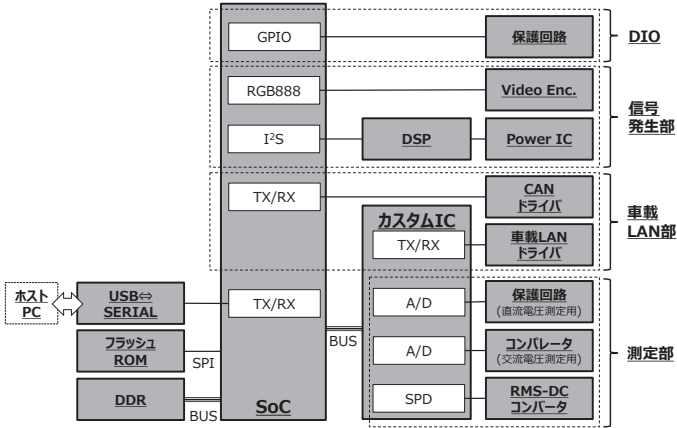


図4 ハードブロック構成

4.1.2. ソフトウェア

検査モジュールのソフトウェアは、検査シナリオを実行するHost PCとの通信を担うメイン部を中心に構成した。メイン部の動作フローを図5に示す。メイン部はHost PCからのコマンドデータに応じて該当する計測機能を実行し、実行結果をHost PCに返す。

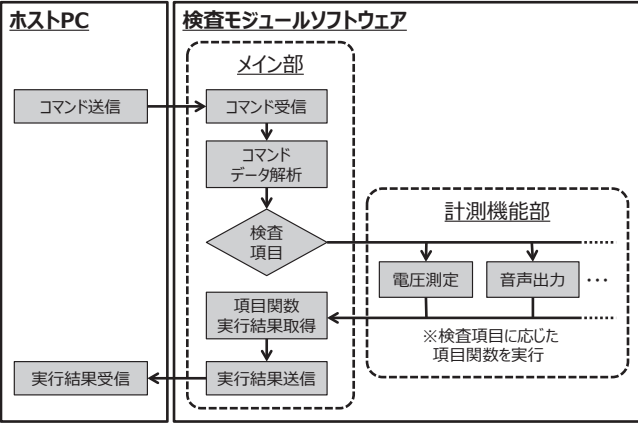


図5 メイン部動作フロー

4.2. 計測機能

検査モジュールに搭載した機能を表 1 に示す。

表 1 検査モジュールの機能

機能	ch数	機能	ch数
音声信号出力	4ch	IEBus通信	1ch
映像信号出力	1ch	CAN通信	1ch
試験用短形波出力	4ch	UART通信	2ch
交流電圧/周波数測定	1ch	デジタル信号出力	max300ch
直流電圧測定	10ch	デジタル信号入力	max48ch

次項では、これらの中から代表的な機能について詳細を述べる。

4.2.1. 音声信号（正弦波）出力

ユーザが指定した周波数の音声信号（正弦波）を出力する機能である。通常、音声データの計算に必要な三角関数は標準的に使用できるが、ベースとしたソフトの開発環境にはこういった数学関数を準備しておらず、後からの追加には時間がかかる。よって今回はテイラー展開による三角関数の近似を利用する方法で関数を自作した（図 6）。

$$\sin(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)!} x^{2n+1} \approx x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \frac{x^9}{9!} - \frac{x^{11}}{11!}$$

図 6 テイラー展開による sin の近似

生成した音声データは SoC のオーディオ機能により I²S 形式で DSP に出力され、DSP の DAC ポートよりアナログ音声として出力する（図 7）。

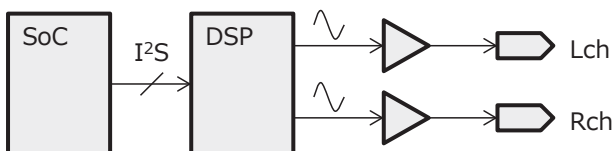


図 7 音声信号出力ブロック図

4.2.2. 映像信号（NTSC）出力

表 2 に示す種類のカラーパターンを出力する機能である。当初、画像データは画像ファイルそのままソフトに入れる方式を採ったが、ソフトのサイズが大きくなり、起動時間が延びてしまった。そこで、データを計算によって動的に生成する方式に変更し、サイズ低減、起動時間短縮に成功した。生成したデータは SoC の映像 IP より出力され、映像エンコーダ（Video Enc.）を介して NTSC 信号として出力する（図 8）。

表 2 カラーパターン一覧

パターン名		パターン名	
ラスタ (RGB値指定)		フルカラーバー	
16階調グレースケール		SMPTE カラーバー	
ランブ		SMPTE カラーバー+文字	

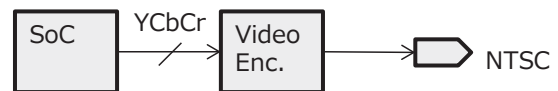


図 8 映像信号出力ブロック図

4.2.3. IEBus通信（車載LAN）

製品と通信を行う機能である。従来は高額な市販品を使用していたため、機器全体の価格も高くなっていた。これに対し検査モジュールでは、市販品の機能を、製品回路を基に、低価格な部品を用いて設計した回路に置き換えることで部品費の低減を実現した（図 9）。

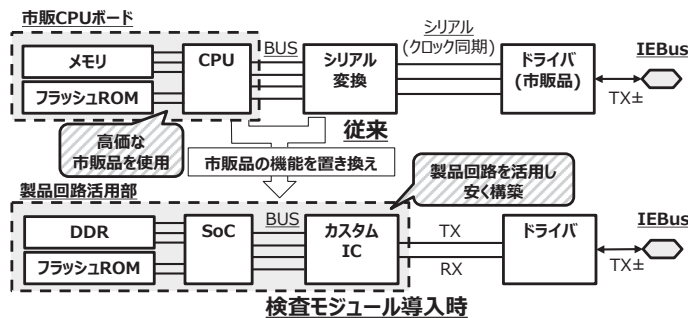


図9 IEBus 通信機能ブロック図

またソフト面では、デバイス構成の変更に伴うドライバ層の変更をミドルウェア層で吸収するソフト構造を作ることによって、従来のアプリケーション層を流用できるよう工夫した。これにより、従来設備との互換性維持および開発工数の削減を行った。

4.2.4. デジタル信号入出力（DIO）

主に設備の制御に使用する機能である。DIO機能はSoCのGPIOポートを使用することで簡単に実現できるが、SoCだけでは要求されているポート数には足りない。そこで、不足分をIO拡張ICによって増設することにした。IO拡張ICはI²C通信によって制御するため、ソフトに多少の変更を加える必要があったが、これにより最大256ポートの増設が可能となった（図10）。

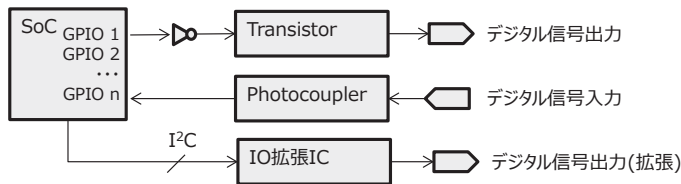


図10 デジタル信号入出力ブロック図

5. ホストPCへの機能追加

検査モジュールの開発に合わせ、ホストPC側へも機能の追加を行った。

従来、ホストPCでは、個別のI/Fを通して各測定器の制御を行っていた。しかし、検査モジュールの場合は使用するI/Fは一つとなるため、この

方式では制御できない。そこで、ホストPCに制御する機能ごとに処理を振り分ける仕組みを追加した。これにより、従来の検査ソフトの構造を大きく変えることなく、一つのI/Fで複数機能の制御を実現した（図11）。

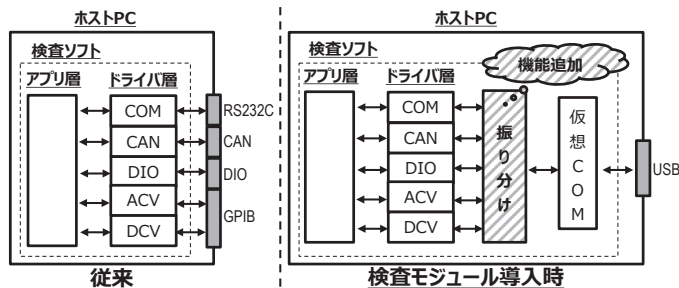


図11 ホストPCへの機能追加

6. 導入効果

開発した検査モジュールの外観を図12に示す。

この検査モジュールは検査における汎用的な機能を有しつつも、B5サイズ相当と小型である。また、検査モジュール導入によりプロセス全体で約20%のコストダウンを実現できる見込みである。

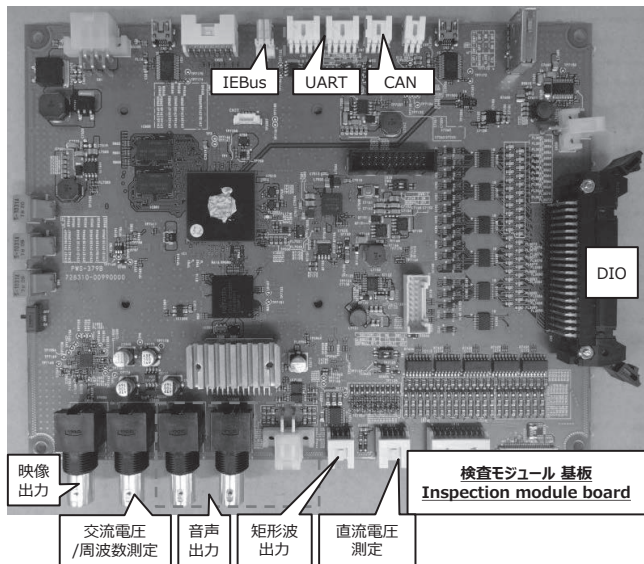


図12 検査モジュール外観

7. おわりに

今回の取組みで、当社の検査工程で汎用的に使用できる低価格な検査モジュールを開発することができた。今後、この経験を活かし、今回織込まなかったデジタル映像伝送用の計測機能の開発にも取り組む予定である。

また当社では、将来の目標として、製品が自分自身を検査する機能、つまり自己検査機能の実現を目指している。この自己検査機能が実現すれば、検査設備の構成をよりシンプルにすることができ、更なる設備費の低減を見込める。今回、検査モジュールの開発を通してある程度の技術課題に目処付けができたため、今後、この自己検査機能の実現に向けて取り組んでいきたい。

筆者紹介



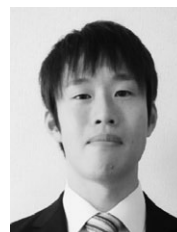
菊池 晃平
きくち こうへい

生産本部
生産技術部



植原 孝之
うえはら たかゆき

生産本部
生産技術部



北井 啓介
きたい けいすけ

生産本部
生産技術部



土居 隆博
どい たかひろ

生産本部
生産技術部