

共用検査機プラットフォーム(PucWin)の開発

Development of common use tester platform

中野 卓充, 中谷 彰宏

Takumitsu Nakano, Akihiro Nakaya

富田 信次, 尾川 謙一

Nobuji Tomita, Kenichi Ogawa

要 旨 複合協調テストの実行が可能な共用検査機プラットフォーム(PucWin)の開発を行った。また、検査機プラットフォームに組み込むオーディオ計測ボード(DaspWin)の開発も行った。

複合協調テストは今後の電子回路ユニットの検査では必要となる検査手法であり、さまざまな応用展開が可能である。PucWinはハイエンド商品のユニット検査を中心に導入が進んできている。

Summary We have developed a multi-purpose tester platform (PucWin) that can execute "Compound Multi-function Testing". We have also developed an audio signal measurement board (DaspWin) which can be installed into PucWin.

The "Compound Multi-function Test" will become essential for testing of electronic circuit units in the future, and will make available various test applications.

PucWin is in the process of being introduced into unit tests for high-end products.

キーワード: JTAG, バウンダリスキャン, ファンクションテスト,
オーディオ計測, 複合協調テスト

1. まえがき

近年のデジタル化の流れの中で、ユニット(電子回路基板)検査のパラダイムが変化しており、今後はさまざまな検査手法を複合的に協調して用いる「複合協調テスト」のような考え方が必要であることはいままでも筆者らが述べてきた⁽¹⁾。

筆者らは3年ほど前から「複合協調テスト」が可能な電気検査の統合プラットフォームの検討を開始した。実際に開発を進めるに当たって

は、全社共通利用を目指してユーザである各工場の生産技術者と構想段階からのコラボレーションを行った。完成度が実用レベルに達することができたので、この検査機プラットフォームの構成や特徴的な技術について報告する。

2. PucWin

PucWinは、ソフトウェアプラットフォームとハードウェアプラットフォームから構成されており、検査装置のハードウェアとソフトウェ

アの基本部分を提供するためのものである。検査内容により必要な測定ボード，測定機器をハードウェアプラットフォームに接続して使用する。ソフトウェアプラットフォームは検査モジュールを組み合わせて作成された検査プログラムを実行して検査の合否判定を行う。

2.1 ハードウェアプラットフォーム

ハードウェアプラットフォームは，レガシーポート，PCI バス，ISA バスを備えた産業用パソコンをベースにしている。

ハードウェアプラットフォームは一度使用され始めると長期間(5年以上)に亘って同一仕様のものを供給しなければならない。このためマザーボード，CPUは産業用の中でも長期安定性供給が保証されたものを選んでいく。

また，USB 信号と電源(5V，12V，±15V(アナログ用)，±5V(アナログ用))からなっている当社独自の拡張ボード用バスのバックプレーンを装備していることが，通常のパソコンと異なる点である。このバックプレーンには必要に応じて，当社で開発したオーディオ計測ボード

(DaspWin)，スキャナーボード(ScanWin)などがセットされる。

なお，ハードウェアプラットフォームの主な仕様を表1に，本体の写真を図1に示す。また，構成を図2に示す。

2.2 ソフトウェアプラットフォーム

ソフトウェアプラットフォームは，検査を行う項目をモジュールという単位で管理し，これらを組み合わせたシーケンステーブルを順次実行して検査を行うソフトウェアである。従って，検査項目の順番の入れ替えや削除，新規登録が容易に行えるようになっている。従来検査プログラムは製品毎にプログラムを一から作成しなければならなかった。しかし，ソフトウェアプラットフォームでは必要な機能のモジュールを組み合わせれば作成できるので，既に必要なモジュールが存在すればプログラミング言語(Visual C，Visual Basic など)の知識がなくても検査プログラムを作成することが可能である。また，当社の事業所間でモジュールの共有を図っていくなど，過去の資産の有効利用

表1 PucWin ハードウェアプラットフォーム主な仕様

CHIP SET	Intel 440BX
CPU	Intel Embedded Pentium 600MHz
Memory	256MB
Serial	COM1、COM2
Parallel	ECP/EPP x 1
FDD	3.5" FDD x 1
PS/2	Mouse、KeyBoard
USB	USB1.1 2Port (うち1Port USBHub使用)
LAN	10/100BaseT
Sound	MIC IN、Line IN、Line OUT
PCI bus	4Slot (1SlotはISAと兼用)
ISA bus	2Slot (1SlotはPCIと兼用)
Pioneer Unique bus	4Slot (信号は、内部でUSBを使用)



PucWin_Box
正面



PucWin_Box
背面

図1 PucWin 本体写真

により検査プログラム開発工数の削減および開発スキルの低減を行えるメリットがある。ソフトウェアプラットフォームのみで、検査アプリケーションの開発および検査の実行を行うこと

ができるので、製造現場で判定値パラメータの変更、シーケンスの変更などの対応ができるようになっている。表2に主なモジュールを、図3にメイン画面を示す。

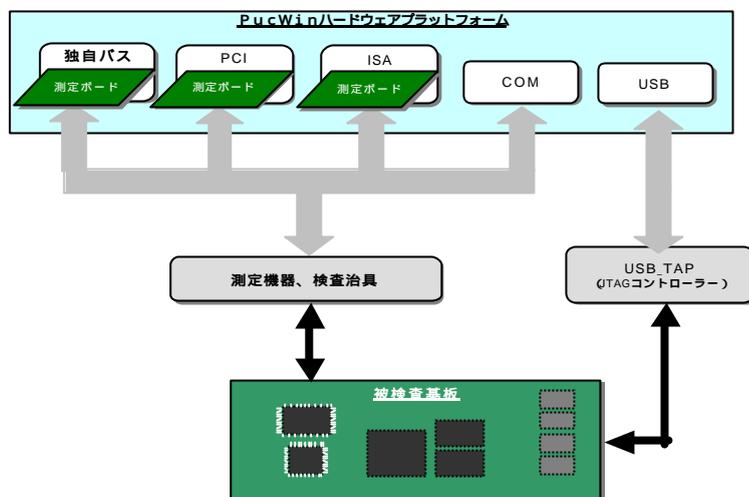


図2 PucWin 構成

表2 主なモジュール

標準モジュール	外部ファイル使用モジュール
シリアルポート制御モジュール	HyperJモジュール (JTAGテストを行う)
メッセージ表示モジュール	標準的なCのDLLモジュール (アンマネージドDLL)
簡易演算モジュール (四則演算、階乗、対数などの演算ができる)	.net FrameworkのDLLモジュール (マネージドDLL)
DaspWin(オーディオ計測ボード)モジュール	ViDLLモジュール (ナショナルインスツルメンツ社LabVIEWで作成されたDLL)
	複合協調モジュール (JTAGとファンクションの複合協調の設定)

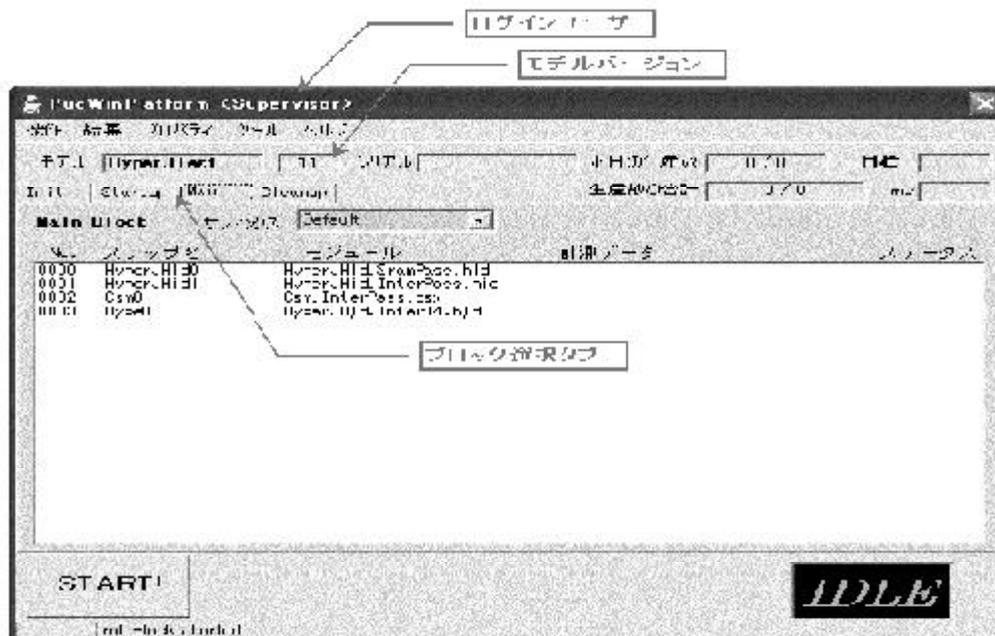


図3 PucWin メイン画面

なお、ソフトウェアプラットフォームの実行環境は、『Microsoft Windows XP + .NET Framework 1.0』、開発は「Microsoft Visual C #」で行った。

以下にソフトウェアプラットフォームの特徴・機能を説明する。

(1) シーケンステーブル構成

シーケンステーブルは、ソフトウェアプラットフォーム起動時のみ実行する「Init」ブロック、検査準備など検査前処理を行う「StartUp」ブロック、検査を行う「Main」ブロック、検査後に被検査品の電源をOFFすることなどを行う「CleanUp」ブロックの4つのテーブルから構成されている。

さらに各ブロックは、実行モジュールなどが記載されているステップから構成されている。

(2) ユーザー権限

シーケンスなどを製造現場で編集することができる反面、誤って変更されるリスクが生じる。これに対応するために「管理者」、「技術者」、「作業者」の3つのユーザー権限を設けプログラムを編集できるレベルを分けており、

誤って変更されるリスクを低減している。

(3) 検査プログラム構成

検査プログラムは検査製品毎に作成し、テーブルファイルとオフセットファイルから構成されており、各々バージョン管理されている。テーブルファイルには、シーケンステーブル、検査規格値が記録されている。オフセットファイルは、複数台の検査機間で測定値の相関をとるためのオフセット値が記録されている。各ファイルには、「進捗レベル」というものが設定されていて開発中の検査プログラムを誤って生産に使用されないようになっている。進捗レベルは「Unreleased」、「Released」、「Disable」の3種類あり、「Unreleased」は開発中、「Released」は生産使用可能、「Disable」は生産使用禁止を表している。

(4) シーケンスステップ

各シーケンスステップでは、実行モジュール選択、実行条件、繰り返し処理の設定が行える。さらに、モジュールの変数、判定値を変更することもできる。モジュールの変数設定画面例(.netDLL の場合)を図4に示す。

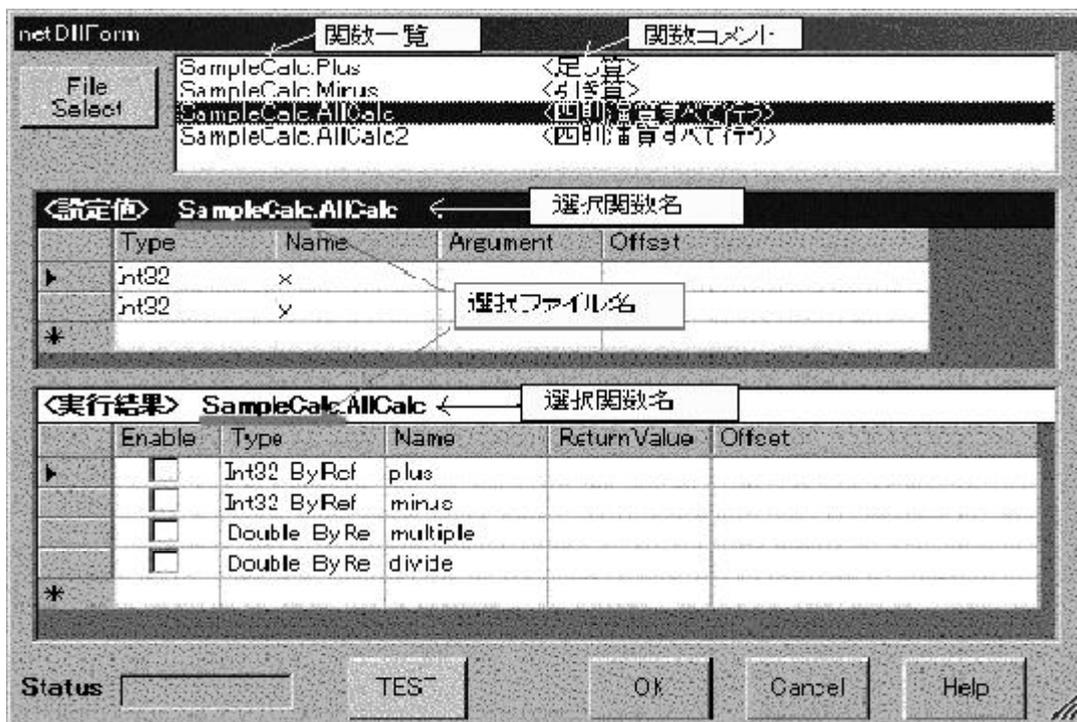


図4 モジュール設定画面例

3. オーディオ計測ボード (DaspWin)

当社の MEC (モバイルエンターテインメントカンパニー) 関連生産拠点では、現行標準チェッカーとして、MEC と生産技術センターで共同開発した MS-DOS ベースの PUC (Pioneer Universal Checker) が使用されている。この PUC プラットフォームのオーディオ計測ボードとして DASPAT が使われているが、

PucWin プラットフォームへの対応
 全社での共用化
 高性能化・高機能化
 部品のディスコンにより現行のDASPATの
 継続的な供給が困難
 などの課題があった。そこで生産技術センター

にて PucWin 用のオーディオ計測ボード DaspWin を開発した。

DaspWin の主機能であるデジタルフィルタ演算を行うのは汎用 DSP (Digital Signal Processor) で、Texas Instruments 社の浮動小数点 DSP、TMS320C6701 を使用している。

主な仕様とボードの構成をそれぞれ表 3、図 5 示す。

外部インターフェースとして、
 デジタルオーディオ信号 Optical 入出力および Coaxial 入出力
 アナログオーディオ信号入力: 2ch
 アナログ信号入出力: 各 2ch
 汎用デジタル I/O: 8 ポート

表 3 DaspWin の仕様

Basic Specifications	
Audio Input	
Ch	2ch
Voltage Range	±3V(6Vp-p)
Frequency Range	20Hz ~ 96kHz
Resolution	24bits
Analog Output	
Ch	2ch
Voltage Range	±3V(6Vp-p)
Frequency Range	20Hz ~ 96kHz
Analog Input	
Ch	2ch
Voltage Range	±3V(6Vp-p) or ±30V(60Vp-p)
	Selectable
Frequency Range	DC ~ 96kHz
Resolution	24bits
Digital Audio Input	
Port	Coaxial : 1, Optical: 1
Speed	192kSPS
Digital Audio Output	
Port	Coaxial : 1, Optical: 1
Speed	192kSPS
HOST I/F	USB 1.1

Audio Measurement Specifications	
Mode	RMS Average
DSP	User programmable
Filter	
Filter1: HPF	4th-order IIR
Filter2: LPF/BPF	10th-order IIR
Filter3: BEF etc	8th-order IIR
Filter4: LPF	6th-order IIR
OSC	SineWave SweepSineWave WaveTable
FFT	

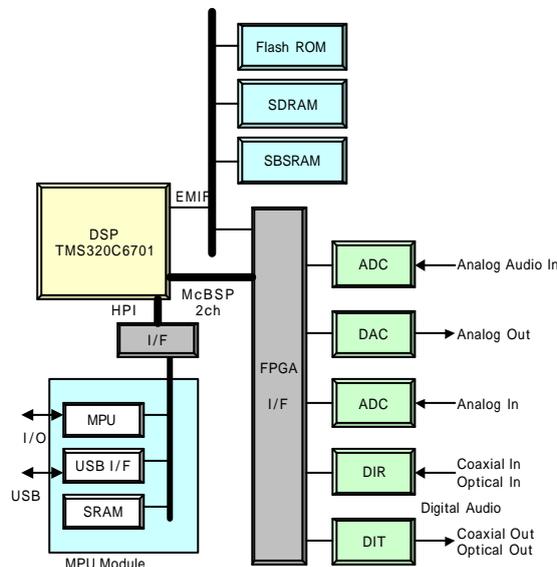


図 5 DaspWin 構成

を持つ。ホストとなる PucWin プラットフォームとは、DaspWin に搭載された PucWin ハードウェアプラットフォーム共通の USB インタフェース用 16 ビットマイコンモジュールを介して通信する。PucWin プラットフォームとは独自プロトコルにより各種コマンド、データのやり取りを行う。

従来の DASPAT では、16bit、44.1kHz サンプリングのオーディオ信号しか扱えなかったが、DaspWin ではさらに 24bit、44.1kHz/48kHz/96kHz/192kHz に対応している。

DSP によるデジタルフィルタは、バタワース型 IIR (Infinite Impulse Response) フィルタで、高域通過、低域通過、帯域通過、帯域除去の各フィルタ処理を組み合わせることで実行できる。

従来の DASPAT では、フィルタ係数などの設定を、予め計算して準備した設定ファイルを転送してからフィルタ演算を行っていたが、DaspWin ではリアルタイムでフレキシブルな係数変更が可能なので、自由度の高いフィルタ演算を行えることが特徴である。また、ボードの各種設定画面やフィルタ設定画面、オシレータ出力機能、波形表示機能、頻りに使われるフィルタ設定パラメータのセットなどが、予め PucWin プラットフォームの標準関数として準備されているので、ユーザーは手軽に GUI による計測・検査用アプリケーションを作成することが可能である。他

にトリガ機能、FFT(Fast Fourier Transform) 演算機能なども備えている。

4. 応用技術

PucWin では、さまざまな複合協調テストや JTAG 応用テストが実現可能である。ここでは、PucWin で実現しているいくつかの事例について解説する。

4.1 DaspWin と JTAG の複合協調

DaspWin と JTAG の複合協調テストの例として、高級カーオーディオユニットの KM040 に於ける基板検査での具体例を述べる。

図6のように DaspWin の DIT(Digital Audio Interface Transmitter) 出力から被検査基板 (KM040) の DIR(Digital Audio Interface Receiver) 入力へデジタルオーディオ信号を接続している。DaspWin ではデジタルオーディオ信号の Cbit(Channel status bit) パラメータの設定を行う。被検査基板上では DIR IC の Cbit 端子からの出力を JTAG デバイスで受けているので、設定した Cbit パラメータに対応した出力が得られているかを JTAG 検査にて判定している。これらは、PucWin プラットフォームにアドインされている DaspWin と USB 接続されている USB_TAP (JTAG コントローラ) を協調動作させることにより実現している。

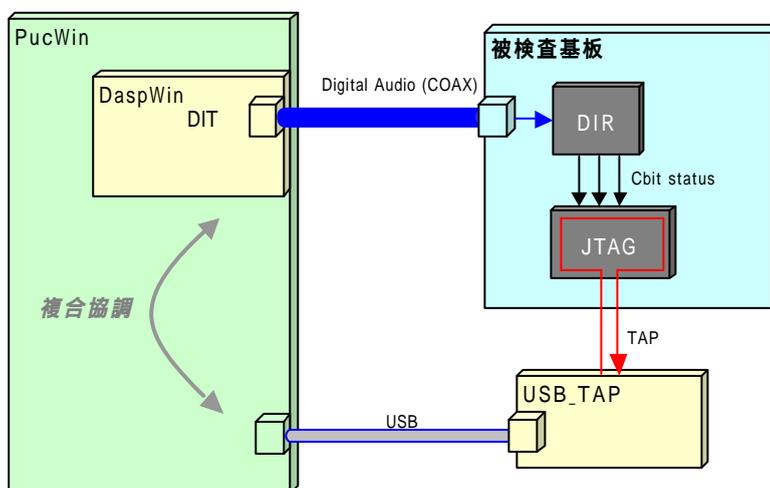


図 6 DaspWin と JTAG の複合協調

4.2 JTAG と MPU の複合協調

図7は最も簡単なJTAGとMPUとの複合協調テスト例である。JTAGに対応していないMPUであってもRS-232Cなどの外部(検査機)との通信機能を持っている場合は、このMPUに接続されているJTAG対応デバイス間の検査を複合協調テストで行うことが可能である。

この場合、MPUには、

- (1) 検査機からのコマンドに応じてJTAGデバイスに接続される信号線へ出力する。
- (2) 信号線の入力状態を読み取って検査機に渡す。

などの機能を持ったソフトウェアを組み込んでおく必要がある。RS-232CであればPucWinプラットフォームのCOMMモジュールを標準関数として実装しているため、ユーザモジュールを準備することなく容易に実現することが出来る。

さらに発展させた例としては図8のような構成のものもある。MPUはJTAG未対応デバイスに接続されており、JTAG対応デバイスはこのJTAG未対応デバイスに接続されていてMPUには直接接続されていない構成である。この場合MPUはMPUに接続されたJTAG未対応デバイスに対してJTAG対応デバイスへの出力をコント

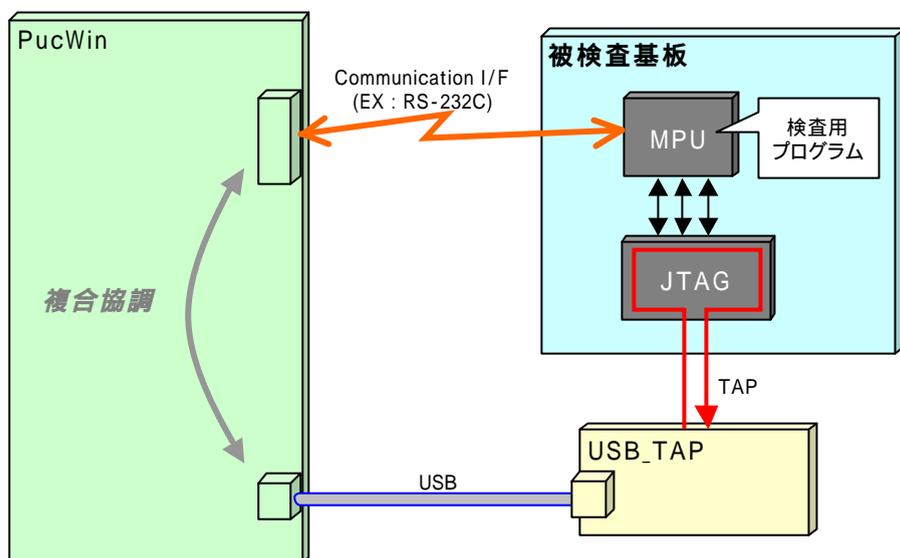


図7 MPUとJTAGの複合協調

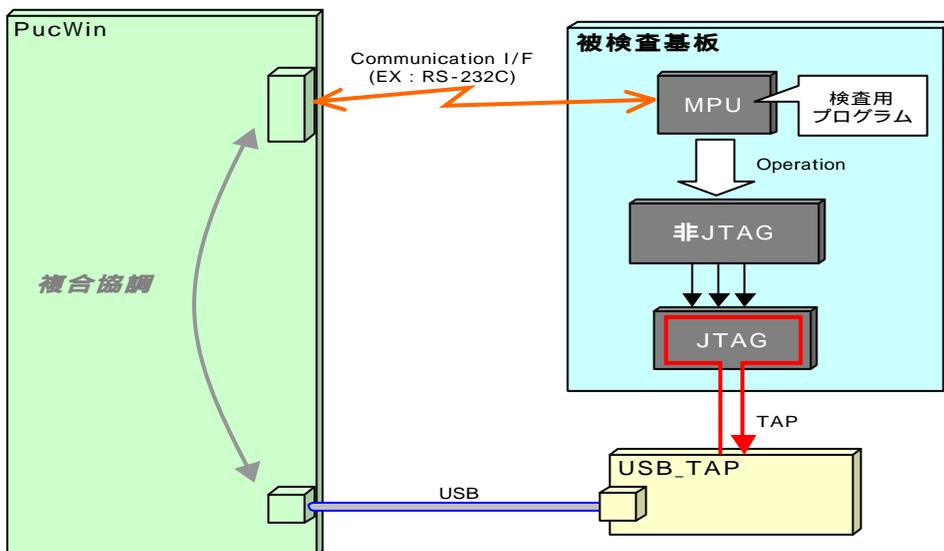


図8 MPUとJTAGの複合協調(発展形)

ロールする形となる。MPU ~ JTAG未対応デバイス間はファンクションテストなどの別の検査手法で接続を確認しておく必要がある。

4.3 JTAGメモリクラスタアルゴリズムを使用したメモリ接続テスト

JTAGメモリクラスタアルゴリズムを使用してJTAG未対応のMPUとメモリ間の接続テストを行うメリットは、コントロール線やデータバス、アドレスバスのハンダ接合や配線上のオープン不良、ブリッジ不良の場所が、ある程度特定できることである。現在のメモリ接続テストは、良不良を検証する目的で行われていることが多く、配線(コントロール線、データバス、アドレスバス)のオープン不良、ブリッジ不良

が想定されてもその場所まで特定することが難しい。

PucWinでは図9のような流れでJTAGメモリクラスタアルゴリズムを使用したファンクション検査を実現できる。

USB_TAPを使用しないこと以外は4.2で述べたシステム構成と似ている(図10)。

前提条件として、「外部との通信手段を有したMPU」であることに加え、

- (1) 検査機が指定したアドレスとデータでメモリに書き込む
 - (2) 検査機が指定したアドレスのデータをメモリから読み込み検査機に渡す
- などの機能をMPUのソフトウェアに組み込んで

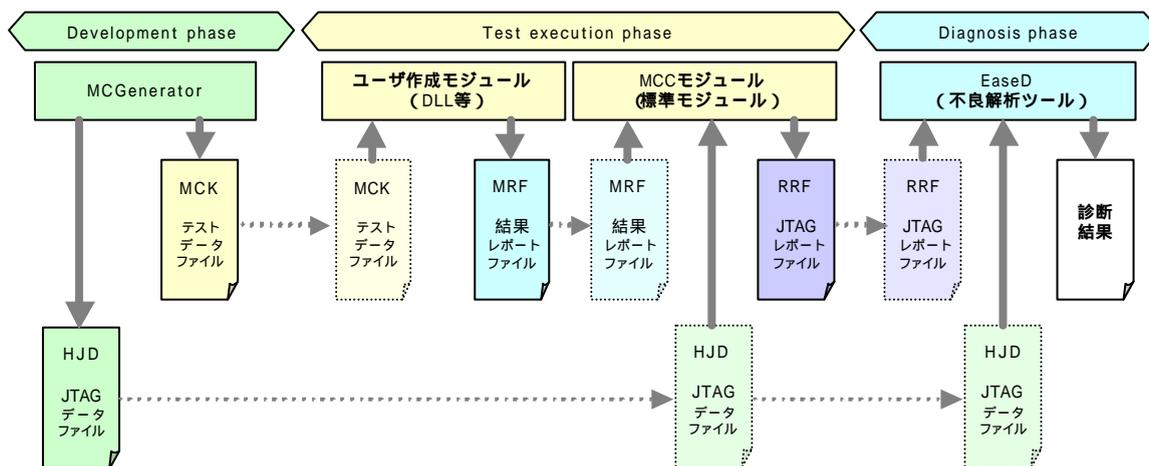


図9 JTAGメモリクラスタアルゴリズムを用いたメモリ検査のフロー

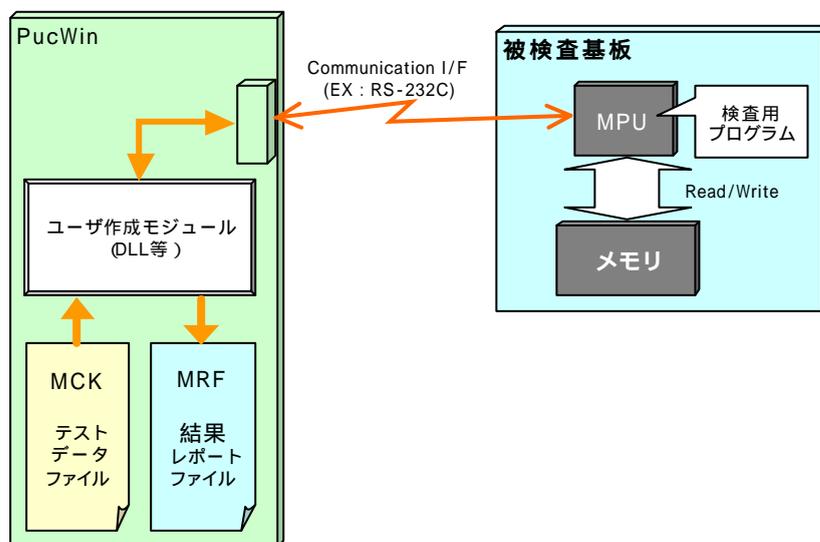


図10 JTAGメモリクラスタアルゴリズムを用いたメモリ検査

おく必要がある。

検査アプリケーション開発時に、PucWinのMCManager機能を使って被検査基板の回路構成にマッチしたJTAGメモリクラスタアルゴリズムのメモリテストデータ(MCKファイル)を生成する。このときMCManagerは解析時に必要となるJTAGデータファイルも同時に生成する。MPUと通信する.netDLLなどのユーザモジュールでは、上記MCKファイルの指示どおりにメモリに対してRead/Writeを行い、不適合なデータをReadした場合にはPucWinで指定しているMRF形式の結果レポートデータとしてそのデータを記録するようにプログラミングしておく。

PucWinでは、前述のHJDファイルとMRFファイルからJTAG形式の不良情報ファイルの生成が行えるので、メモリ検査の結果をJTAGアルゴリズムによって不良解析することが可能なのである。

5. 今後の課題

近年電子回路の集積化が進み、デジタル・ボードの検査手法としてIEEE1149.1(JTAGテスト)が広く用いられるようになったが、アナログ・ボード、アナログ-デジタル混在ボードのJTAG手法として策定された規格IEEE1149.4は、期待されたほどまだ普及していないのが実状である。

さらに集積化のみならず高速化も進み、伝送路の浮遊容量や配線抵抗による高周波領域の信号特性、クロストークノイズや反射ノイズによる誤動作の問題を無視できなくなってきた。インサーキットテスト、デジタル・バウンダリスキャン・テスト(IEEE1149.1)などのDC信号領域の検査では、これらの不良検出ができない。これに対応するには、実際の製品動作と同じクロックで検査を行うことが必要である。そのため、実動作を行うファンクションテストが今後とも重要な検査手法の1つとなる。(なお、1Gb/sを超えるような高速なデジタルネットワークに対応したバウンダリ・スキャン・テス

ト規格としてIEEE P1149.6も現在検討されている。)

このように、バウンダリスキャンが普及しても必要とされるファンクションテストだが、従来は設計通り動作するかどうかの判別のみで、不良箇所の特定には修理者のスキルと経験に頼らざるを得ない面があった。この欠点を補うものとして、JTAGポートを利用してマイクロプロセッサをエミュレーションすることにより、特定の部分のみの動作を行わせる検査手法も行われ始めてきている。これにより、不良箇所は動作させたブロックに限定されるので、不良箇所の特定が行いやすくなる。また、この検査手法はマイクロプロセッサを制御して周辺デバイスへのRead/Writeが行えるので、高速なリフレッシュ動作などが必要で検査することが難しいISDRAMなどの同期系メモリの検査にも有効である。

またこれとは別のアプローチとして、試験内容と部品とを予め関連づけしておき、確率理論に基づき不良箇所を診断する手法も行われ始めている。

今後さらなる不良検出率と不良診断能力の向上を目指していくために、これらの新しい検査手法を取り入れていく必要があると考えている。

今後さらに複雑化する電子回路基板の検査を効率よく行っていくためには、半導体業界で行われているDFT(Design For Test : テスト容易化設計)の概念を導入して、設計段階から検査を考慮した設計を行い、検査システムの開発時間、コスト、不良解析時間の短縮を図っていく必要がある。

6. まとめ

PucWinは構想段階から、ユーザとのコラボレーションという開発形態を採ってきたものの、実際に使用する状況前にならないとバグ・不具合の報告や仕様変更の要求が得られないのが現実であった。完成度を向上するためには時間的に厳しいものがあったのは事実だが、「複

合協調テスト」が行える検査機プラットフォームの完成度を实用レベルにまで高めることができた。また、全社で共通に使用できる検査機プラットフォームというのは当社の検査機開発において画期的なものと言える。今後、必要な計測ボード類の開発を進めていくと共に共用化の拡大を図っていきたいと思っている。

7. 謝辞

仕様検討とデバッグに苦勞された「モノ作り推進部会 生技部会 検査機分科会(旧生技戦略会議 検査機WG)」メンバおよび各カンパニーのPucWin 検査機導入担当各位に感謝します。

参 考 文 献

- (1) 尾川・富田：「電子回路基板の検査技術」,
PIONEER R&D Vol.10 No.2

筆 者

中野 卓充 (なかの たくみつ)

所属: 技術生産統括部 生産技術センター

入社年月: 1993 年 4 月

主な経歴: 現在検査技術開発に従事。

中谷 彰宏 (なかや あきひろ)

所属: 技術生産統括部 生産技術センター

入社年月: 1995 年 4 月

主な経歴: LCLV, 光モジュールなどの生産設備開発を経て, 現在検査技術開発に従事。

富田 信次 (とみた のぶじ)

所属: 技術生産統括部 生産技術センター

入社年月: 1991 年 4 月

主な経歴: IC の回路設計・検査業務を経て, 現在検査技術の開発に従事。

尾川 謙一 (おがわ けんいち)

所属: 技術生産統括部 生産技術センター

入社年月: b. 1985 年 4 月

主な経歴: ロボット, ディスク検査, 真空蒸着などの計測制御技術の開発を経て, 現在検査技術の開発に従事。