

JTAGテストによる BGA実装基板の信頼性向上と コストダウンの両立

(株)リコー / 内田 智昭、アンドールシステムサポート(株) / 佐々木 陽助

1 はじめに

生産現場では、コストダウンと信頼性向上の両立が求められている。特にマザーボードなどのプロセッサが実装された基板においては、配線数の多いプロセッサとメモリ間の配線に対する実装保証を低コストで実現することが重要である。本稿では、JTAGテストを利用して、プロセッサとメモリ間の配線に対し、実装保証を低コストで実現する方法を紹介する。

2 メモリと高密度実装技術

Joint Test Action Group(JTAG)が提唱したJTAGテスト(バウンダリスキャンテスト技術)は高密度実装技術の進歩にともない、プロービングが不可能になる時代の到来に対処する基板実装検査技術として、1990年に国際標準規格IEEE std. 1149.1として承認された技術である。

ここで一度、JTAGテストが誕生した背景とコンピュー

タの歴史を少しだけ振り返ってみよう。コンピュータの発達の歴史はメモリの歴史といっても過言ではない(図1)。

トランジスタの集積密度が18ヶ月ごとに倍になるというムーアの法則に導かれるように、コストダウンと性能向上のため、1つのデバイスに取り込む機能を増やす高集積化が継続的に行われている。メモリの高密度化に合わせCPUのビット数も向上している。

今から30年ほど昔にさかのぼると、1984年に外部バスも32ビット化した本格的なCPUが登場し、搭載できるメモリの上限も、それまでの16MB未満から4GB未満へと一気に増加した。この年はそれまで、主流であったコマンドライン・インタフェースから、グラフィカルユーザーインタフェースへの移行が始まった節目の年といえる。

その20年後の2004年は、CPUの64ビット化が始まったばかりの年といえる。OSの64ビット対応はもう少し先の話となるが、4GB未満という物理メモリの制約から解放される時代が到来した。

時代はかわり、2014年現在は、64ビット対応が標準となり、メモリのサイズも2GB以上が最少の仕様要求という

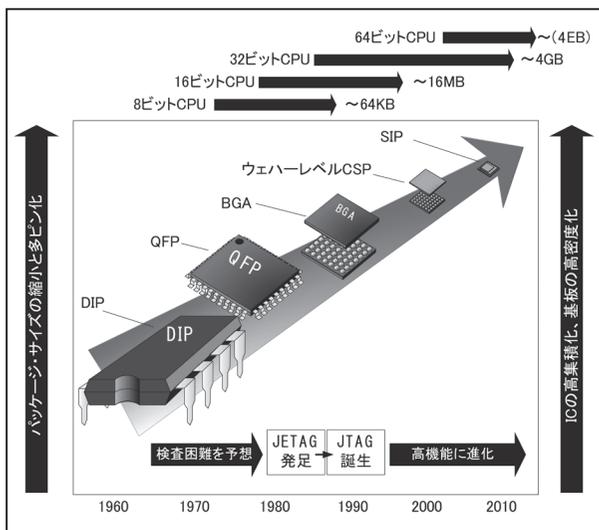


図1 CPUとメモリパッケージ技術

種別	メーカー	品名
FPGA	Altera	Cyclone II ~ IV, Stratix II~III
	Microsemi	ProASIC3
	Xilinx	Spartan-3, 6, Virtex-4, 6
CPLD	Altera	MAX2
	Lattice	ispMACH 4000, MachXO
PROM	Xilinx	CoolRunner-II, XC95288XL
	Xilinx	XCF04S Platform Flash
Application Processor	Freescale	i.MX51, i.MX53, i.MX6
	Marvell	Aspen
CPU	TI	OMAP3515
	Freescale	MPC8347E PowerQUICC II Pro
	Cavium	OCTEON II CN68XX Multi-Core MIPS64
	IBM	PowerPC 750C L
	Intel	Atom E6xx, Z5xx, N2600, Core i5-3610ME
DSP	Analog	Blackfin DSP
	TI	TMS320VC55x, C64x
MCU	Renesas	SH7216, SH7750R
	Spansion	FM3, FR81S
	Toshiba	TX03, TX19
	Chipset	Intel
GPIB	NI	TNT5002
PCI Bridge	PLX	PCI6150BB
PHY	Marvell	88E1111
	Vitesse	VSC8601
Serializer	Marvell	GS1572
System controller	Marvell	MV64460B

表1 JTAG対応デバイス

時代になった。

利用できるメモリの容量がとても小さく、高価で処理能力が低かった時代は人が道具にあわせることが要求され、コマンドライン・インターフェースが標準的であったが、十分なメモリが搭載できる今日では、グラフィカルユーザーインターフェースが標準となり、ようやく道具が人に合わせる時代が到来したといえよう。

JTAGテストシステム JTAG ProVisionも時代の移り変わりに合わせて、基板テストの道具として設計者や生産技術者が「かんたん」に扱えるようになった。

3 全世界に広まる JTAGテスト対応デバイスとDDRメモリの実装保証

コンピュータの使い勝手を良くするための要求が半導体の爆発的な集積密度の向上にともない、メモリの大容量化をもたらし、メモリの大容量化は高密度実装の要求に繋がり、メモリのパッケージにもBGAが使われる今日では部品実装の優れたプロセス管理技術と通電検査をするJTAGバウンダリスキャンテストが必要となる。

このような背景をもとに、今日では、様々なデバイスメーカーがバウンダリスキャン対応デバイスを提供している。

ここに、実際にアンドールシステムサポート(株)で動作確認を行ったデバイスの一例(表1)と、JTAG対応デバイスの現状を記述する。



写真1 (株)リコー インダストリー事業部
(横浜市)

ただし、すべてのデバイスを掲載しているわけではないので、ご注意ください。一部を挙げただけでも表1のような実績があり、今後もJTAG対応デバイスはさらに増えていくことが確実となっている。

以前、マザーボード系のデバイスは、JTAGテストに対応していなかったが、今日では同表のように、マザーボード系メーカーのデバイスも含まれていることがわかる。

また、DDR3メモリなどに代表される最新のメモリは、BGAパッケージが採用されているが、バウンダリスキャン機能は内蔵されていない。しかし、メモリに接続されたJTAG対応デバイスを介して、メモリとの接続を検査することができるので安心してほしい。

本稿では、長年に渡り高品質の組込み用マザーボードを提供している(株)リコーのJTAGテストの活用事例を紹介する。製造現場でマザーボードのプロセッサとDDRメモリの実装保証をどのように実現しているか、お分かりいただけるのではないだろうか。

4 高い信頼性を追求する(株)リコーの取り組み

高密度実装基板の検査にJTAGテストシステム JTAG ProVisionを導入し、さらなる信頼性の向上に努めている企業として、(株)リコー インダストリー事業部(新横浜)と、リコーマイクロエレクトロニクス(株)(鳥取県)の事例を紹介する(写真1、写真2)。

(株)リコー インダストリー事業部では、信頼性の高さを認



写真2 リコー マイクロエレクトロニクス(株)(鳥取県)

FEATURE

められ、さまざまな分野への納入実績がある組み用マザーボードを提供している(図2)。

日本国内で設計を行なっている利点を活かし、お客様にヒアリングを行い、ご要求に合わせたベストソリューションの提案と、基板設計からBIOS、ドライバー、OS、シス



図2 (株)リコー製マザーボードの納入実績

テム、ユニットに至るまで柔軟なカスタマイズに対応している。高い信頼性を実現するため、独自の設計ノウハウにより動作マージンを意識し、かつ細心の部品選定で高品質のマザーボードを実現している。また高い生産ノウハウをもつ日本国内での製造・検査を実施する事により、確かな品質と高信頼性の製品を提供している(図3)。

さらに、リコーグループの調達力によりコストパフォーマンスが高い長期の安定した商品供給を約束するとともに、サポート体制も充実している。

5 組み機器用 ARM CPUボードへのJTAGテストの適用

(株)リコーでは、製品の信頼性をさらに向上させ、コストパフォーマンスを高めるために、以前からJTAGテストを導入している。

本項では、携帯電話に利用されているARMプロセッサを利用した組み機器用CPUボードに対する最新のJTAGテストの適用事例を紹介させていただく(写真3)。

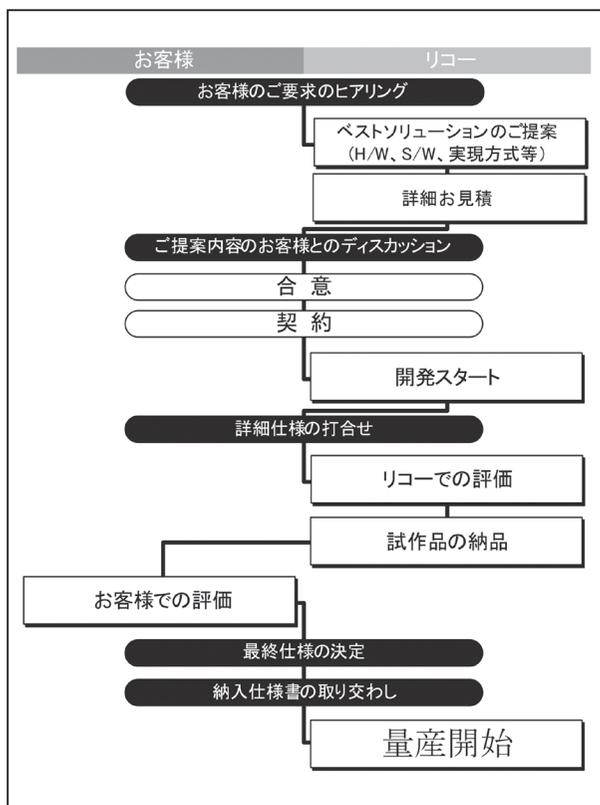


図3 (株)リコーのカスタム開発の流れ



写真3 (株)リコー 社製 組み機器用 ARM CPUボード AB1

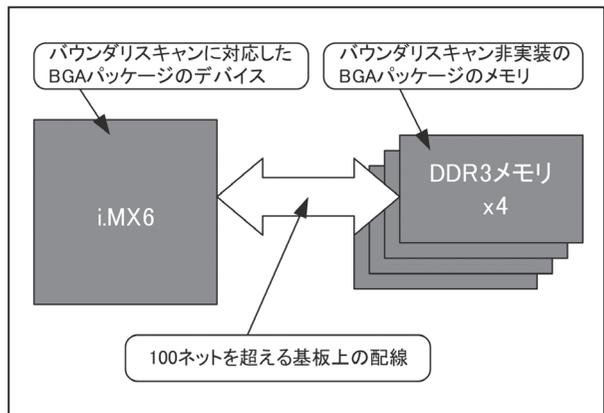


図4 AB1 ブロック図

リコーの組込み機器用ARM CPUボードAB1には、低コストかつ性能が高いコンパクトな組込み機器を実現するために複数のBGAパッケージのデバイスが実装されている。i.MX6というARM Cortex-9のコアを内蔵したFreescale社製のデバイスと、複数のBGAパッケージのDDR3メモリが基板に直接実装されている(図4)。

DDR3メモリにはJTAGテスト機能がないため、JTAGテストでは検査できないと思われることが多い。しかし、JTAGテストに対応しているプロセッサ、FPGAなどをJTAG ProVisionから制御すると、DDR3メモリのリード・ライトテストを行うことが可能になる。

DDR3メモリをはじめ、さまざまな規格のメモリに対応し、メモリテスト用のテストパターンが自動生成される。生成されたテストパターンは、実装検査用のアルゴリズムが組込まれており、JTAG ProVisionが不良箇所を自動的に診断する。

メモリデバイスは、特に配線の本数が多く、BGAパッケージが採用された場合は、従来のX線やファンクションテストプログラムを利用する検査手法では工数がかかる。また、製品の品質に直結する部分であるので、BGAパッケージが実装された基板の実装検査は必要不可欠だ。

リコーでは、設計段階からJTAG ProVisionを活用することで、基板検査の削減と信頼性向上を実現している。では、AB1を例にJTAG ProVisionを利用して、DDR3メモリのテストパターンを作成する基本的な手順を紹介する。

基本的な手順は次のようになる。

ネットリスト

回路図の情報
回路図CADから出力

部品同士の配線情報

BSDLファイル

JTAG対応デバイスの情報
デバイスメーカーが提供

パウンドリスキャンセルを
内蔵した部品

部品ライブラリ

パウンドリスキャンセルが無い
部品の情報

JTAG ProVisionに付属

汎用ロジック
(例: 74xxxx, ...)

メモリデバイス
(NOR, NAND, SRAM,
SDRAM, DDR1 ~ DDR3...)

13万を超える部品に対応
※2014年4月の時点の数値
新規部品を随時追加中

受動部品
(抵抗、コンデンサ、コイル、
コネクタ、SW...)

図5 JTAG ProVisionに登録するファイル

①ファイルの登録手順

ツールのガイドに従ってプロジェクトを作成し、図5に示すファイルを登録する。部品ライブラリは、13万種類を超える部品ライブラリの中から検索して登録できる。

②テストパターンの作成手順

作成するテストパターンとしてメモリのテストを選び、テストしたいDDR3メモリを指定する。

まず、作業手順の流れに沿い、「(1)ファイルの登録作業」を紹介する。

(1)ファイルの登録手順

ツールのガイドに従って新規のプロジェクトを作成し、図6の画面から、テスト基板のネットリストを登録する(ファイル形式は、(株)図研を含む主要な回路図CADベンダの形式に対応している)。

次に、図7の画面で、ネットリスト中の部品名の一覧がデバイスタイプとして表示され、部品名に対応する部品ライブラリとBSDLファイルの指定を行う。

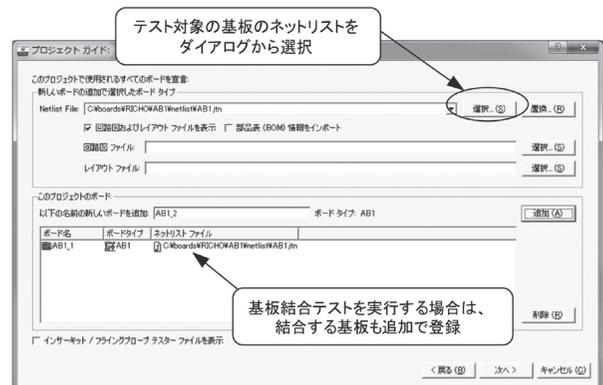


図6 ネットリストの登録

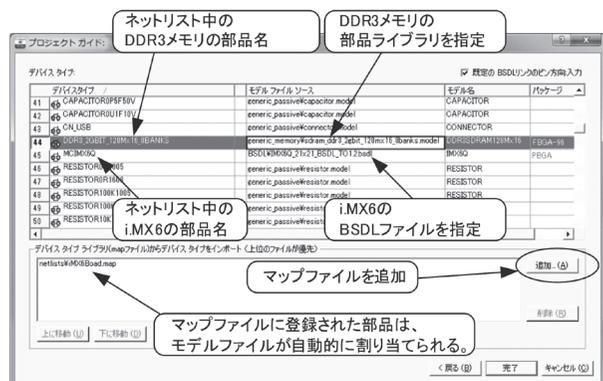


図7 モデルファイルの登録

FEATURE

この登録作業が終われば、テストパターン作成の作業はほぼ完了である。今回の作業では、以前にAB1と同系統の基板に対して行った部品名に対するモデルファイルの割り当ての設定情報をマップファイルとして保存してあり、このプロジェクトに反映させることで、すぐに終わらせることができた。

(2)テストパターンの作成手順

次に、テストパターンの作成作業を紹介する。

プロジェクトマネージャーから新しいアプリケーションの作成を選択すると、新規作成するテストパターンの種類(JTAG ProVisionではテストパターンをアプリケーションと呼ぶ)を選ぶことができる。図8参照)。

DDR3メモリのテストパターンを生成するには、ProVisionのアプリケーションから、Memory Testを選択する(その他の、インフラテスト、インターコネクトテスト、ロジック

テストも同様にこのリストから選択することで作成できる)。次にボードの設定を選択する画面(図9)になるが、はじめてテストパターンを作成する場合は「プロジェクト設定」を選択すればよい。また、他のテストパターンに対し、追加で指定した設定を引き継ぎたい場合は、「アプリケーションから設定をコピー」を選択する。メモリテストの作成を選んだ場合は、基板に実装されているメモリの一覧が表示される。この画面(図10)では、テストパターンを生成したいメモリに対し、チェックを付ける。

最後に、テストパターンの名前を求められるので、わかりやすい名前を入力する(図11)。この作業が完了すると、プロジェクトに、DDR3メモリのテストパターンが追加される(図12)。同様の手順で、4つのDDR3メモリに対するテストパターンを効率的に作成することができた。

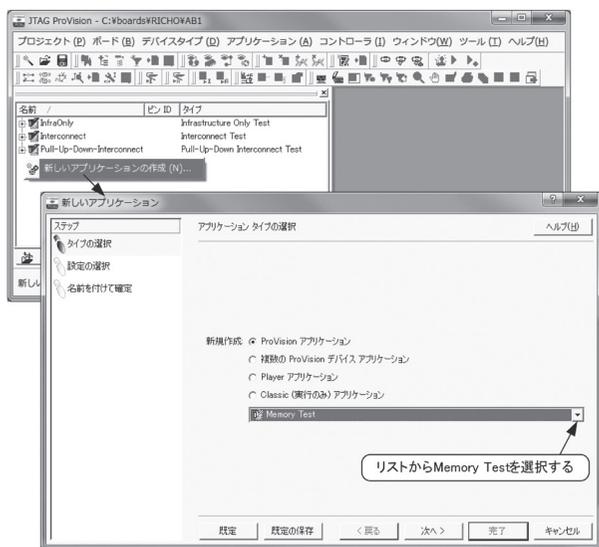


図8 新しいテストパターンの作成



図9 ボード設定

6 DDR3メモリの実装保証が高信頼性を実現する

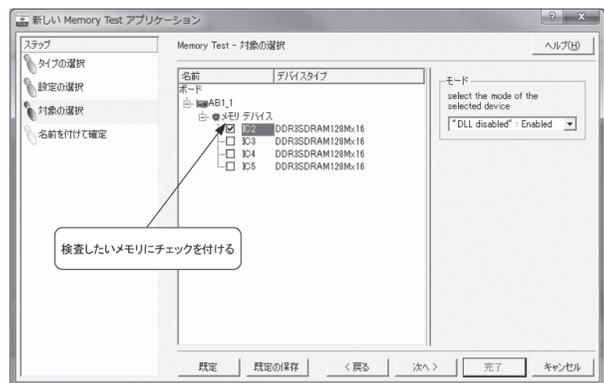


図10 メモリの一覧からテスト対象を選択

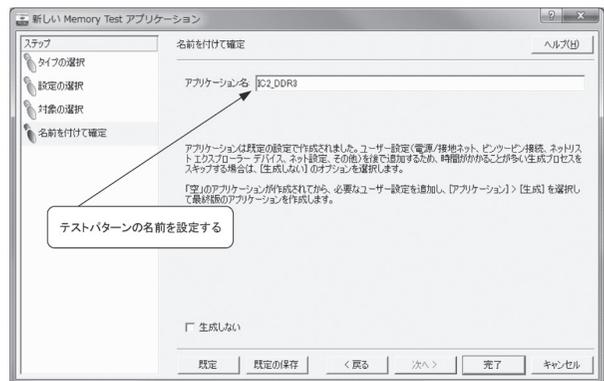


図11 テストパターンの名前を付ける

JTAG ProVisionを利用すれば、バウンダリスキャン対応デバイスに直接接続されているメモリデバイスは、簡単な操作で自動的に、信頼できるアルゴリズムを利用したJTAGテストを実施することができる。ファンクションテストプログラムを作成し、実行する方法や、他の一般的なJTAGテストツールで必要となる、デバイスのデータシートを元に特別

なプログラムやテストベクターを自分で作成するといった作業がいっさい不要となるため、大幅に基板の検査環境を準備するための工数を短縮することができる。

また、ファンクションテストプログラムを利用した手法は、プログラムを作成する技術者の力量に検査の精度が依存し、基板に実装不良が有る事を発見できても、不良個所の特定ができないことがあるという問題がある。

これに対し、JTAG ProVisionを利用した場合は、どのようになるか、疑似故障を発生させることができるJTAG Technologies社のトレーニングキットを利用して確認した結果が、図13に示した画面である。不良個所がネットまたは、デバイスの特定のピン単位で特定できるため、単純良品判定だけに留まらず、故障解析の用途にも活用ことができ、JTAG ProVisionを導入したさまざまな企業では、BGA基板の実装保証ならびに、品質改善と不良廃棄基板の削減を実現している。

また、JTAG ProVisionには、13万種類を超える部品ライブラリがある。この部品ライブラリを活用し、メモリテストと同様の手順で、バウンダリスキャン対応デバイスに接続された、さまざまなデバイスに対して、テストパターンをツールから自動生成させ、検査範囲を拡大することができる。

リコーの組込み機器用CPUボードでは、試作段階からJTAGテストを利用することにより、写真4で示すきわめて簡単な治具で、i.MX6とDDR3メモリ間の配線に対し、オープン/ショートをチェックを実施している。この簡易治具では、当該ボードでICTを利用する場合に100本以上必要だったフィクスチャーピンの本数が、JTAGテストを

導入することで、十数本ですんでいる。フィクスチャーピンの本数を大幅に削減できるため、試作や小ロットの生産にも、適用することができる。また、リコーの量産工程では、フィクスチャーにFCT(ファンクションテスタ)とJTAGテストツールを組込むことにより、一度の作業で、電源系統間のショートチェックと電源電圧の測定、JTAGテストツールによる、i.MX6とDDR3メモリ間のオープン・ショートテスト、及び各種のJTAGテストを

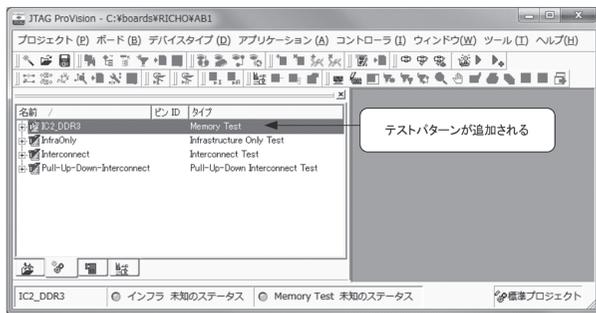


図12 DDR3のメモリテストが追加された画面

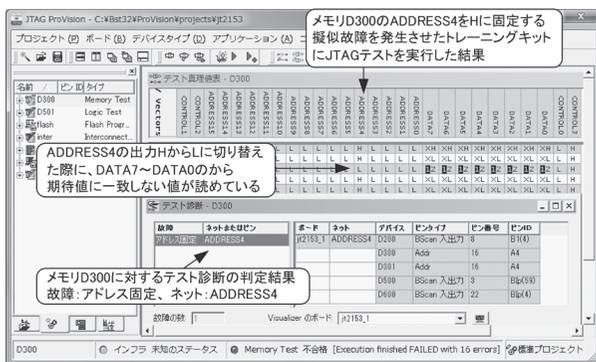


図13 JTAG ProVisionを利用した故障診断

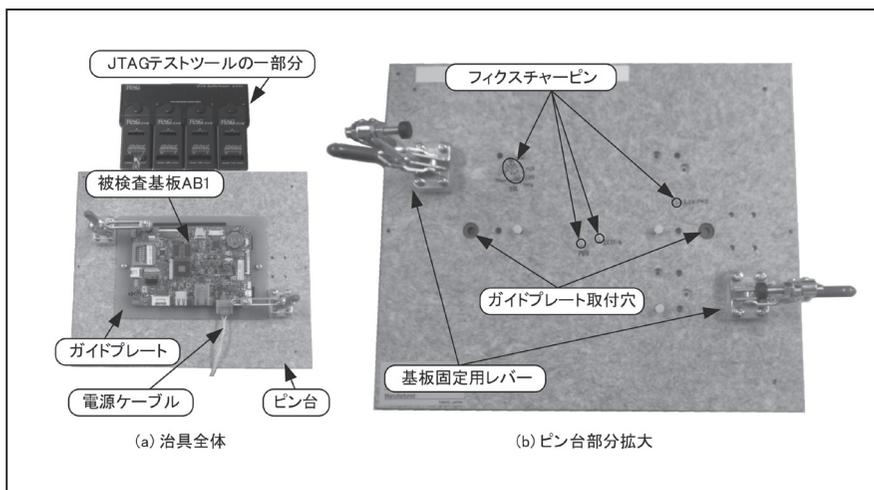


写真4 JTAGテスト用AB1基板簡易治具

F E A T U R E

実施している(写真5)。合否判定は自動的に得ることができるので、作業者の負担を減らすことができる。

また、リコーでは、Intel Internet of Things Solutions Allianceメンバーとして、Intel社の最先端技術に対応したマザーボードの自社開発・生産を継続して行っている(表2)。

Intel社でも、BGAに対するJTAGテストによる検査の重要性を認識し、低価格と低消費電力が要求される用途で使

われるIntel Atomプロセッサでは、初代のデバイスから、チップセットも含めて、JTAGテストへの対応が進んでいる。また、Intel社製プロセッサのI/O規格に合わせてJTAG信号を制御するための、専用のJTAGコントローラもある。(写真6)

7 まとめ

高信頼性が求められる産業機器のマザーボードにおいても、ユーザーの要求を実現するために、より高密度なBGAパッケージが採用されていく傾向にある。

BGAパッケージのボール間のピッチの縮小は、かつてQFPパッケージのピッチ縮小により、実装不良が多発した歴史がBGAでも繰り返されることを意味する。

リコーでは、高いプロセス管理技術によりすでに高密度なBGAパッケージの信頼できる実装プロセスを確立しているが、将来の実装の高密度化を見据え、JTAGテストを活用する全社的な取り組みを進めている。

<参考文献>

- 1) (株)リコー インダストリー事業部 組込み用ユニットについて
<http://www.ricoh.co.jp/fbx/>
- 2) リコーマイクロエレクトロニクス(株) PCB実装技術について
<http://www.rme.ricoh.co.jp/technology/>
- 3) アンドールシステムサポート(株) JTAGテスト
<http://www.andor.jp/jtag/index.html>

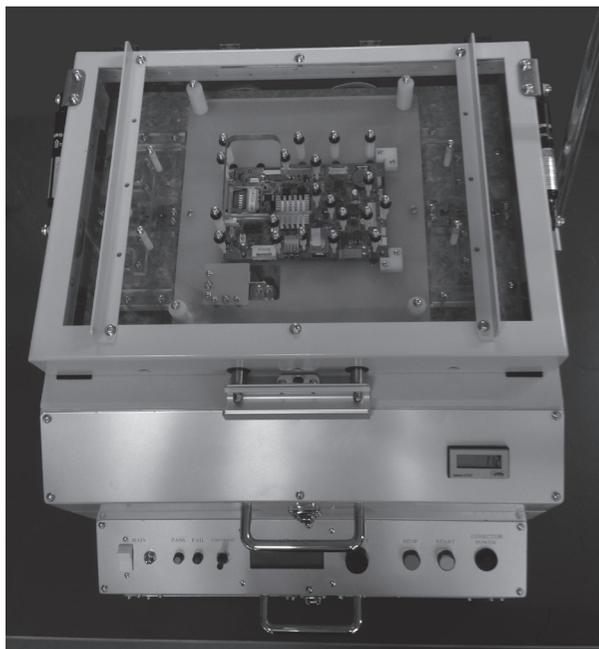


写真5 量産工程用FCT、及びJTAGテスト統合フィクスチャー

製品名	フォームファクター	CPU	チップセット	メモリ最大容量[GB]
IT7/IT7D	Mini-ITX	Intel Atom	NM10	4
IT6	Mini-ITX	Previous Generation Intel Core iシリーズ Intel Celeron	HM55	8
IT5	Mini-ITX	Intel Atom	US15WP	2
FB20	ATX	4th Generation Intel Core iシリーズ	Q87	32
FB20M	MicroATX	4th Generation Intel Core iシリーズ	Q87	16
FB19M	MicroATX	3rd Generation Intel Core iシリーズ Intel Celeron	HM76	16
FB18	ATX	Intel Xeon 2nd Generation Intel Core iシリーズ Intel Pentium Dual Core Intel Celeron Dual Core	C206	16
FB17	ATX	Previous Generation Intel Core iシリーズ Intel Celeron	QM57	8
FB17M	MicroATX	Previous Generation Intel Core iシリーズ Intel Celeron	HM55	8
FB15	ATX	Intel Core 2 Quad Intel Celeron Desktop Intel Core 2 Duo	Q35 + ICH9-Digital Office	8

表2 Intel Architectureマザーボードのラインナップ一覧

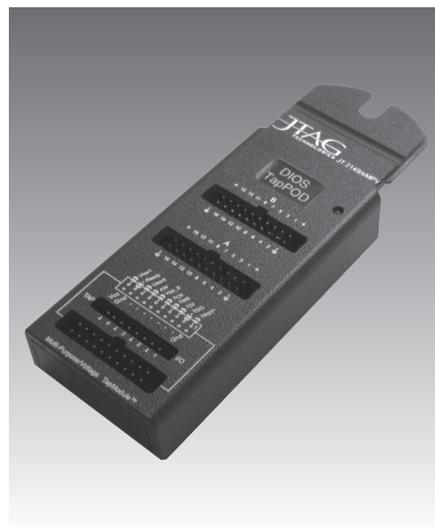


写真6 Intel社製プロセッサ用JTAG TapPOD