

包括的 JTAG サポートソフトウェアの開発

～ 電子回路の開発環境革命 ～

1. 背景

JTAG(IEEE1149.1)という、IC チップや電子回路プリント基板などの動作テストを行うための標準規格がある。JTAG は本来、IC と IC の間の導通を検査するバウンダリスキャンという技術のための標準規格であったが、手軽なインタフェースで IC の内部回路にアクセスできるため、CPU のデバッグ、フラッシュ ROM や PLD(プログラム可能な論理回路デバイス)の書込み等、様々な分野に応用されてきた。JTAG を活用すれば組み込みソフトウェアの開発効率は飛躍的に高まり、CPU だけではなく各種の周辺チップも含めて、ソフト・ハードの両面からのデバッグが可能になる。

JTAG は現在流通しているほとんどの大規模な IC が対応しているが、現状では主に PLD の書込みにのみ使われており、バウンダリスキャン機能はほとんど使われていない。むしろ、バウンダリスキャンの存在すらあまり知られていない。

2. 目的

従来の JTAG ソフトウェアは、使うためには JTAG に対する高度な知識と経験が必要とされ、様々な JTAG の目的ごとに非常に高価なソフトウェアを何度も購入する必要があった。このため学生やエレクトロニクス愛好家、中小・零細企業にとって気軽に使用することができず、さらにユーザアプリケーションに組み込むことや、ネットワークを用いた遠隔操作は非常に困難であった。

そこで、JTAG のあらゆるニーズを包括的にサポートするソフトウェアを開発し、中小企業やエレクトロニクス愛好家、学生などのハードウェア開発者にとって、よりよい開発環境とデバッグ環境を安価に提供することを目的とする。本ソフトウェアは、あらゆる JTAG のニーズを実現することは勿論、ライブラリとしてユーザのアプリケーションに容易に組み込むことができるように設計する。

3. 開発の内容

本ソフトウェアを使用するユーザと、本ソフトウェアを用いて新たな JTAG ソフトウェアを開発するデベロッパの立場から見た開発の成果を述べる。

(1) ユーザからみた開発成果

本ソフトウェアは Windows と Linux 上で、GUI 環境で動作する。本ソフトウェアを用いるとあらゆる JTAG 対応 IC の端子状態を簡単にリアルタイムに可視化することや、長時間計測した信号状態を波形として表示することができる。また、任意の IC を操作して、あらかじめ設定した波形を強制的に出力させることもでき、電子回路のデバッグに威力を発揮する。そのほかにも、ROM、PLD の書込みや、ある種の CPU のデバッグも可能であり、本ソフトウェアのみであ

らゆる JTAG のニーズを実現することができる。

コンピュータ本体と電子回路を接続するためには、プリンタポートによる単純なインタフェースや、USB やシリアルなど様々な物理的インタフェースが使用でき、TCP/IP による遠隔操作も標準で提供されている。

アプリケーションとしては、Windows 版の MITOUJTAG(図 1)と Linux 版の GtkJTAG(図 2)、そして GDB(GNU Debugger)から各種の CPU をデバッグするためのインタフェースである gdbstub がラインナップされている。

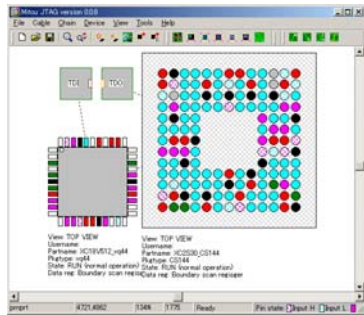


図 1 リアルタイム可視化機能

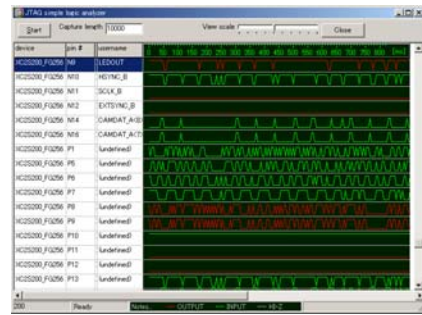


図 2 波形表示機能

(2) デベロッパからみた開発成果

本ソフトウェアのコアとなるのは、libjtag と jtagalg というライブラリである(図 3)。これは、JTAG プロトコルスタックと、各種のアルゴリズムを提供する。また、各種の CPU デバッグを抽象化するための jtagice というライブラリも用意されており、これらを用いることで新規の JTAG アプリケーションを迅速に開発することができるようになる。

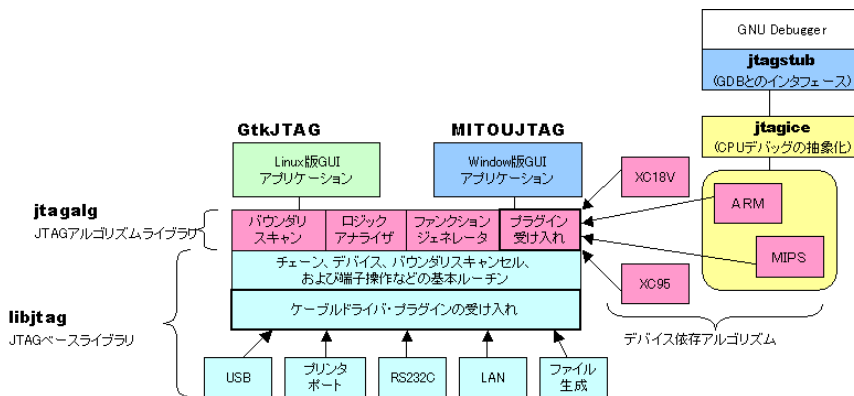


図 3 本ソフトウェアの全体像

なお、各種の物理インタフェース用ドライバと、IC に固有のアルゴリズムは、プラグインライブラリとして提供されており、新規の物理インタフェースや新規の IC に対応したアルゴリズムを容易に追加することができる。

4. 従来の技術との相違

本ソフトウェアと他の商用ソフトウェアの機能を比較した結果を表 1 に示す。従

来の商用 JTAG ソフトウェアは、おおよそ CPU のデバッグかプリント基板の検査といったどちらかの目的に特化されており、両方のニーズを単一のソフトウェアで実現することはできなかった。

本ソフトウェアは、IC の端子状態をリアルタイムに可視化するという全く新しいアプリケーションのほか、あらゆる JTAG ニーズに対応した世界初の統合的な JTAG 環境を提供するものである。ユーザは、もはや目的ごとにソフトウェアを何度も購入する必要はない。

表 1 本ソフトウェアと他のソフトウェアとの比較

| 企業名または製品名 | 価格 | 機能 | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|----|------------|------------|---------|------------|-------------|-------------|---------|---------|--------|------------|-------|--------|-----------|
| | | OS | ユーザインタフェース | 物理層インタフェース | マルチデバイス | ピン状態の観察・操作 | ロジックアナライザ機能 | プリント基板の不良検査 | 不揮発性メモリ | CPUデバッグ | PLD書込み | TCP/IPリモート | BSD L | 組込み可能性 | テストパターン生成 |
| 本ソフトウェア | 無料 | WL | GCD | PUPT | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |
| A社 | ¥1M | WL | G | P | ○ | × | × | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| B社 | ¥2M | W | G | PUC | ○ | × | × | ○ | ○ | × | ○ | △ | ○ | × | ○ |
| C社 | ¥8M | W | GC | | ○ | × | ○ | ○ | ○ | × | ○ | △ | ○ | △ | ○ |
| D社 | ¥300k | W | G | UCT | ○ | × | × | × | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × |
| E社 | ¥600k | W | G | UC | ○ | × | ○ | × | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| F社 | 無料 | W | G | PUC | ○ | × | × | × | × | × | ○ | × | × | × | × |
| G社 | ¥100k | W | G | PUC | ○ | × | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × |
| フリーソフト | 無料 | L | C | P | ○ | × | × | × | ○ | × | × | × | × | × | × |

OS の記号の説明

W…Windows
L…Linux

ユーザインタフェースの記号の説明

C…コマンドラインインタフェース
G…グラフィカルユーザインタフェース
D…GNU Debugger

物理層インタフェースの記号の説明

P…プリンタポート
U…USB
R…シリアルポート (RS232C)
T…TCP/IP 汎用
C…その他の専用ハードウェア

5. 期待される効果

本ソフトウェアが普及することで次のような効果を見込んでいる。

(1) 経済的な電子回路開発・デバッグ環境の提供

電子回路の開発者は本ソフトウェアを用いることで、従来のように目的ごとに高価な JTAG ソフトウェアをいくつも購入する必要がなくなる。数十万という単位での出費を行うことなく、誰でも無料で CPU のデバッグや ROM/PLD の書込み、基板の検査を実行することができる。また、オシロスコープを使わなくとも回路上の信号の状態がリアルタイムにモニタでき、中小企業やエレクトロニク

ス愛好家や学生などのハードウェア開発者がよりよいデバッグ環境を、JTAG ケーブルを自作するだけの安い費用で構築できるようになる。

(2) 迅速な JTAG アプリケーション開発

ハードウェアを開発する企業あるいは個人が、開発物に JTAG アクセス機能を実装したい場合には、本ソフトウェアが提供する JTAG ライブラリを用いることで、大幅な工数の削減と迅速なアプリケーション開発が可能となる。例えば、独自開発アプリケーションに何らかの JTAG アクセス機能を実装したい場合、追加する行数は最低およそ 10 行程度で可能である。

(3) JTAG の遠隔操作

本ソフトウェアが提供する遠隔操作機能を用いれば、物理的に離れた場所にある電子回路を、JTAG を用いて観察し操作することができる。これは、地理的・物理的条件や、温度・放射線などの環境上の問題からエンジニアが容易に近づくことができない場所に設置された機器の検査や保守に威力を発揮する。また、講師と生徒が離れた場所にいる場合の電子回路の教育用途にも応用可能である。

(4) フリーソフトウェア界への貢献

成果物は GPL ライセンスの下で GNU ツールとして配布しており、エレクトロニクス開発者向けフリーソフトウェア界へ日本からの貢献をしている。

6. 普及の見通し

本ソフトウェアは、正式公開後約 1 ヶ月半の間に世界中の企業や個人から 1000 件以上ダウンロードされ、多くの技術者に活用されている。また、その利便性について高い評価をいただいております、実際に使用したユーザの声を反映して常によりよいものに改良している。

また、JTAG 対応ハードウェアを持っていない人であっても本ソフトウェアを体験できるように、FPGA ボードなどの電子回路を接続した JTAG サーバを立ち上げ、TCP/IP を用いた JTAG アクセスを可能にした。現在このサーバは日本、欧州、アジアなど世界中からアクセスされている。

本ソフトウェアを普及させることで、学生、エレクトロニクス愛好家、中小企業などのエレクトロニクス開発者によりよい電子回路開発環境を提供し、次世代のハード技術者のレベルアップと、日本の工業技術力の向上に貢献するものと確信している。

7. 開発者名

内藤 竜治 naitou@nahitech.com

開発 URL <http://www.nahitech.com/jtag/>