

MPUテスト支援機能の一考察

1M-1

石田 光 平尾 繁晴

(株式会社 東芝 システム・ソフトウェア技術研究所)

1. はじめに

実際のMPU上で被テストプログラムを実行させて、その結果を確認することは最も基本的なソフトウェアのテスト方法である。しかし、MPU外部からの観測だけでは、その実行の様子を正確に知ることは困難である。そこで、MPU自身にテスト支援の機能として、シングルステップ等の機能をあらかじめ用意することが一般的となった。

シングルステップでの実行は1命令実行ごとにMPUの内部情報(プログラムカウンタの内容など)を得ることができるためテストに非常に有効な機能だが、リアルタイム性が大幅に低下する欠点がある。

このようなリアルタイム性とMPU内部情報の観測性のトレードオフについて、その選択性を広げてテスト効率を向上させるために、MPUの従来の実行モードに加えて新しい概念の実行モードを考案して、その有効性について検討したので報告する。

2. MPUの実行モード

従来のMPUには被テストプログラムを通常実行させる「ノーマルランモード」と「シングルステップモード」がある。今回これらに追加して「ブランチストップモード」と「スタック操作ストップモード」を考案した。以下に各モードを簡単に説明する。

1) ノーマルランモード

実行途中でのブレークをかけない通常実行である。

2) シングルステップモード

1命令実行ごとにブレークをかける。

3) ブランチストップモード

分岐命令やサブルーチンへのコール/リターンなどによってプログラムの実行順序に変化があった場合ブレークをかける。

4) スタック操作ストップモード

サブルーチンへのコール/リターン、割り込みの発生/リターンなどによってスタックポインタの内容が変化した場合にブレークをかける。

3. 実行モードの比較

各実行モードについてその特徴を比較してみた。第1表がその結果である。各比較項目の説明とその結果について以下に述べる。

1) リアルタイム性

説明：ノーマルランにどれだけ近いのか。これが悪いと微妙なタイミングを必要とするソフトウェアのテストに用いることができない。

結果：ノーマルランではリアルタイム性は保証される。

その他についてはブレークの頻度で考えた場合、下表の結果となる。

	リアルタイム性	MPU内部観測性	実行トレース	ルーチン単位のトレース
ノーマルランモード	◎	×	×	×
スタック操作ストップモード	○	×	×	◎
ブランチストップモード	△	×	◎	◎
シングルステップモード	×	◎	◎	◎

第 1 表 実行モードの特徴比較

2) MPU内部観測性

説明：MPUのレジスタ内容などの観測性

結果：MPUが停止した状態で内部情報をみているため当然リアルタイム性とは逆の結果となる。ブランチストップもスタック操作ストップもシングルステップと比較して観測性は大幅に悪いといえる。

3) 実行トレース

説明：被テストプログラムの実行順序を完全にトレース可能か。

結果：シングルステップとブランチストップでは可能。他のモードでは不可。

4) ルーチン単位のトレース

説明：ルーチンの呼び出し関係や割り込みの発生などをトレースすることが可能か。

結果：ノーマルラン以外は可能。

4. 各実行モードの適性

この比較結果から、この4種類の実行モードはリアルタイム性と観測性のトレードオフについて並べた場合に以下のようなことが判る。

リアルタイム性		観測性
(良)	ノーマルランモード	(悪)
↑	スタック操作ストップモード	↑
↓	ブランチストップモード	↓
(悪)	シングルステップモード	(良)

この比較結果から各実行モードのソフトウェアテストにおける適性を具体的に検討してみた。

1) ノーマルランモード

他のモードではテストできないようなリアルタイム性重視のテスト。また他のモードでのテスト後の最終テスト。

2) スタック操作ストップモード

ルーチンの呼び出し関係がトレースでき、ブレイク時点の時間を計測しておけば各ルーチンの実行時間を簡単かつ高速に求めることができる。

3) ブランチストップモード

被テストプログラムの実行順序を完全にトレースできるので、テスト網羅率の計測が高速に行える。また、不具合箇所の発見に（シングルステップほどではないが）有効である。

4) シングルステップモード

被テストプログラムの不具合箇所の発見に有効である。

しかし、テスト時間が大幅に増大するので他のモードでテスト範囲を絞った上で使用すればより効果的である。

ここでは特にブランチストップとスタック操作ストップの2種類のモードが被テストプログラムの実行解析情報の収集を行うのに適しているといえる。

5. まとめ

これまでの検討結果をまとめると、新しく考案した2種類の実行モードは従来のノーマルランモードとシングルステップモードとの中間の特徴を持つことが判る。

従って、これらの実行モードを追加することによって、リアルタイム性と観測性のトレードオフの選択の幅が広がり、ソフトウェアテストの際に最適のモードを選択して、最低限のリアルタイム性の低下で必要な情報が得られる。

また、特に新実行モードの二つは被テストプログラムの実行解析に使用した場合に有効であるといえる。

このようなMPUのテスト支援機能の改良は、当社のソフトウェア開発一環支援システムであるIMAP(Integrated software Management and Production support system)におけるソフトウェア検査からトラブル解析にいたる一連の検査工程全てに有効なものであり、今後もこれらのテスト支援機能の有効な活用及びその検討を引続き行う。

[参考文献]

- [1] 南 宗宏：32ビットマイクロプロセッサ入門，CQ出版社（1986）
- [2] Misao Miyata, Hidechika Kishigami, Kosei Okamoto "The TX1 32-Bit Microprocessor: Performance Analysis, and Debugging Support", IEEE MICRO, Vol. 8, No2, pp37-46 (1988)
- [3] 大筆 他："IMAPシステム(1)-概要-", 情報処理学会第31回全国大会, 1985. 9