

テストプログラム自動生成ツール『MTST』の開発*

6B-3

上野 仁、中野 哲、木村 富蔵、Kitty Cook、近江谷 康人、飯田 博之†

三菱電機（株）‡

1. はじめに

近年、計算機システムの高速化/高機能化にともない、計算機システムの動作は複雑化している。このため、計算機の動作を確認するための検証目数は指数関数的に増加し、人手によるテストプログラムの作成には限界が来ている。この解決策の1つとして、計算機システムの動作条件をランダムに組み合わせたテストプログラムを生成する検証用ツール（MTST）に関して報告する。

2. テストプログラム自動生成ツール「MTST」

2. 1. システムの概要

MTSTは計算機システムを構成している複数バスの競合動作と内部のレジスタ（メモリやキャッシュを含む）の状態に着目して、各バスのオペレーションと内部レジスタの状態を設定するとともに、オペレーション実行後に期待値と実行結果を比較するツールである。

テストプログラムの生成には、乱数を用いてランダムに試験条件を設定する方式と人手によって試験条件を指定する方式があり、これらの方式を単独で選択したり、組み合わせて選択することができる。

これにより、テストプログラム開発者は、単純な試験項目に関しては試験条件を指定だけでテストプログラムの作成が可能であり、複雑に条件が組み合わされる試験項目に関しては、主な試験条件だけを指定し、その他の条件をランダムにすることで、テストプログラムの作成が可能である。また、試験項目を設定せずに、すべての試験条件をランダムにしたテストプログラムの作成が可能である。

2. 2. MTSTの構造

MTSTの構造を図1に示す。MTST（図中の

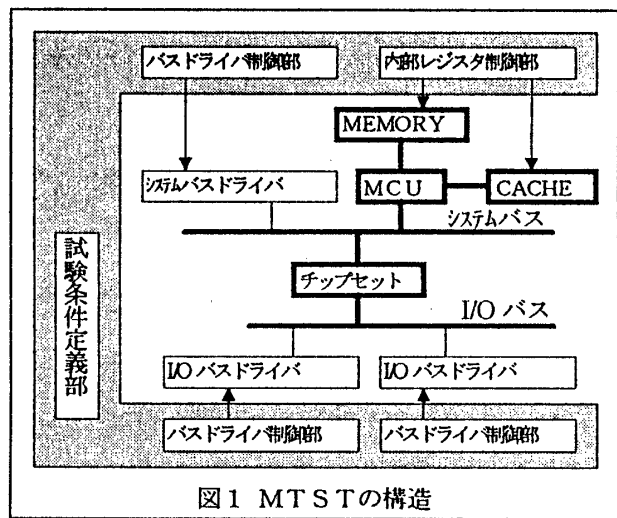


図1 MTSTの構造

網掛け部）は、バスドライバに対するバスドライバ制御部と試験対象内部のレジスタに対する内部レジスタ制御部とバスのオペレーションを決定する試験条件定義部から構成されている。MTSTと試験対象のモデル（図中の太線部）の接続は、試験対象のバスに接続したバスドライバを介しておこなうため、試験対象を変更する場合は、対象となるバスドライバとバスドライバ制御部と内部レジスタ制御部を変更することで可能である。

2. 3. テストプログラムの試験条件

MTSTで考慮している試験条件には、バスの動作と試験対象の内部レジスタの状態がある。

(1) バス動作の条件

- ・ リクエストのタイミング
- ・ バスのオペレーション
- ・ アドレスとデータのパターン
- ・ 割り込み信号

* Development of Automatic Test-program Generator 'MTST'

† Hitoshi UENO, Satoshi NAKANO, Tomizo KIMURA, Kitty

COOK, Yasuhito OMIYA, Hiroyuki IIDA

‡ Mitsubishi Electric Corp.

(2) 内部レジスタの状態

- ・キャッシュの状態
- ・ストアバッファの状態

これらの条件の組み合わせを乱数をもとにおこなう。すべての条件を組み合わせたテストプログラムを試験対象のモデル上で実行することは困難であるため、乱数や人手による条件指定をもとに、試験条件を組み合わせている。

また、乱数による条件を設定しているため、考慮していない条件に関しても組み合わせが起きることを期待している。

2. 4. 動作フロー

MTSTは以下に示すフローでテストプログラムの生成をおこなっている。

(1) 試験条件の決定

テストプログラムの全ての条件を確定する。人手で指定されていない条件に関しては、乱数をもとに確定する。

(2) バスオペレーションの決定

確定された試験条件をもとに、各バスのオペレーションを決定する。バスのオペレーションは複数のバスで共通とする。

(3) 内部レジスタの決定

各バスのオペレーションで必要となる内部レジスタのアドレスや値を決める。

(4) バスドライバへのオペレーションの設定

決定したバスのオペレーションにしたがって、各バスのプロトコルに変換し、各バスドライバに設定する。

(5) 内部レジスタへの値の設定

決定した内部レジスタのアドレスと値をもとに試験対象のモデルに値を設定する。

(6) 動作の実行

実行環境を設定した後に、試験対象のモデルの動作を開始させる。

(7) 期待値の比較

試験対象のモデルの動作が終了した段階で、各バスで読み込んだデータや内部レジスタのデータを期待値と比較し、モデルの正当性を判断する。

これらの動作を、連続的に実行させることで、テストプログラムを自動的に生成し、検証をおこなうことが可能である。

3. 評価

MTSTのランダム性の評価データとして、生成条件をランダムに設定して生成したテストプログラムの

個数に対するバス条件の組み合わせに対するカバレッジ率

テストプログラム数	カバレッジ率
10	44%
20	60%
50	90%
100	98%

の関係を表1に示す。

表1 組み合わせのカバレッジカバレッジの測定対

象としたバス条件の組み合わせとは、バスのオペレーションの条件（サイズや種類）の組み合わせであり、すべての組み合わせは118である。また、1つのテストプログラムでは平均10個のバスオペレーションをおこなっている。

この組み合わせでは、テストプログラムの個数が100個になった場合にカバレッジが98%となっている。このことから、MTSTは試験条件をランダムに組み合わせ生成したテストプログラムで100%に近い条件の組み合わせを網羅されていることがわかる。

4. 結び

今回、MTSTを3種類の外部バスと1種類の内部バスを制御するチップセット検証に適用した。MTSTは、試験対象のモデルにあわせてVerilog HDLにて記述し、試験対象のモデルに接続して連続実行させた。人手作成のテストプログラムによる検証をおこなった後で、MTSTによる検証を実施した結果、人手作成では検出できない不具合を指摘した。

MTSTをチップセット検証に適用した結果、ランダム生成のテストプログラムの有効性が確認された。