

MATLAB/Simulink を用いた汎用プロセッサの設計

長谷川 錬

指導教員：佐々木 敬泰

1 はじめに

プロセッサの設計は複雑で時間がかかるため、設計開発コストが高いという問題がある。特に、組み込み向け分野においては設計期間の短縮及び低コスト化が求められる。そのため、主に信号処理用途において、抽象度の高い MATLAB/Simulink を用いたハードウェア設計が普及し始めているが、一方で汎用プロセッサの設計事例は無い。そこで本研究では、MATLAB/Simulink を用いた汎用プロセッサの設計を行い、CPU 設計の省力化手法を提案する。

2 関連研究

MATLAB/Simulink 環境を用いた信号処理用 LSI の設計事例は複数存在する。例として、20 次 FIR 型ローパスフィルタの設計事例では、全体の 40% 工数削減が実現し、人手で HDL を設計した回路と比較し 40% のパフォーマンス向上と 60% 以上の面積縮小を実現している [1]。このように、ハードウェア設計に Simulink を用いることで設計期間を短縮することが可能であることがわかってる。一方、本研究のような MATLAB/Simulink を用いた汎用プロセッサの設計事例は無い。そこで、本研究では MATLAB/Simulink を用いた汎用プロセッサの設計の可能性について明らかにする。

3 従来手法

従来のデジタル回路設計は、トランジスタレベルやゲートレベルでの設計が主流であった。しかし、プロセッサのような大規模な回路の場合、トランジスタ数は数万以上であり、その全てを正しく配置配線することは難しいことである。ハードウェア記述言語 (HDL) の登場により、ブロック図レベルのデザインツールが登場し設計の抽象度は高まったが、なお十分に高いとは言えず、多機能なプロセッサや複雑な演算器を追加しようとするれば設計が煩雑になることに変わりない。

4 モデルベースデザインを用いたプロセッサ設計の提案

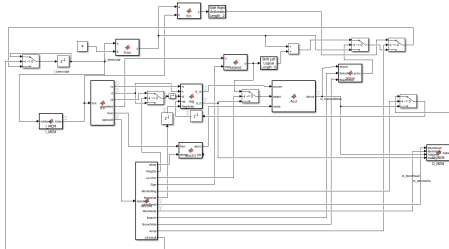


図1 基本的な設計図

4.1 手法

モデルベースデザインとは、「コンピューター上で数式によって再現した『モデル』を用いることで、複雑な組み込みシステム開発の効率化・短時間化を図る開発手法」である。モデルベースデザインツールである MATLAB/Simulink を用いたプロセッサ設計は、従来のデザインツールと比べ高い抽象度での設計

と容易なデバッグを実現する。組合せ回路の各部分について、「MATLAB Function」ブロックを用いて動作を記述する。

4.2 実装

本研究で作成した CPU のブロック図を図 1 に示す。マルチプレクサや加算器、遅延器 (レジスタ) は既存のライブラリのものを使用し、デコーダや ALU 等の組合せ回路は「MATLAB Function」ブロックを用いて関数記述により作成した。

4.3 シミュレーション

Simulink 付属のシミュレーション機能を利用し、「ロジックアナライザ」で信号波形を確認する (図 2)。

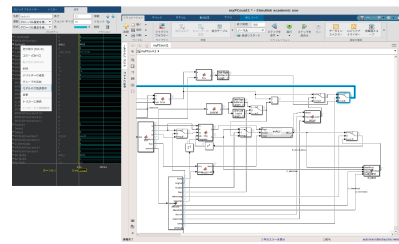


図2 シミュレーション環境

5 提案手法の評価

提案手法の利点として、設計ミスの早期発見が可能であることが挙げられる。ループが発生している部分の発見は、従来は HDL に変換しシミュレーションを実行することで初めて気付くことができるが、本手法であればソフトウェアシミュレーションや HDL 変換の際にループ部分が示されるので従来手法よりも早く発見できる。また、複雑な組合せ回路を MATLAB 関数という形で記述することができ、永続変数の配列を用いればメモリを代用することも可能である。したがって、従来のデザインエントリツールよりも高い抽象度で設計が可能であることが分かった。欠点としては、まず動作にかかわらずループが一切認められないことが挙げられる。また、本来は数学や信号処理等を想定しており、数値がデフォルトで浮動小数点倍精度 (double) 型となるため、整数のみ扱いビット幅に厳密なプロセッサ設計用途で利用するには型の指定が都度必要になるため不向きな部分もあることがわかった。

6 結論と今後の展望

本研究により、MATLAB/Simulink を用いてプロセッサを設計することが可能であると判明した。複雑な論理回路の抽象化によりプロセッサの設計期間を短縮することが可能である。一方、本来想定されていない MATLAB/Simulink の用途であることに起因する課題を抱えている。今後の課題として、プロセッサを拡張した際に本手法特有の煩わしい部分以上に設計を簡略化できるかが挙げられる。

参考文献

- [1] 松田昭信, 他. MATLAB/Simulink からの高位合成手法を用いた LSI 設計事例. 第 69 回全国大会講演論文集, pp.23-24, 2007.