

教育用 8 ビット FPGA マイコンシステムの開発

8bit FPGA Microcontroller System for Education

岩河 秀知 村岡 道明

Hidetomo Iwagawa Michiaki Muraoka

高知大学大学院 理学専攻(情報科学分野)

1. まえがき

現在、8ビットマイコンを搭載した8ビットマイコンボード[1][2]はいくつか販売されているが、マイコン初学者の学習ツールとして開発されたものは少ない。本研究では、初学者がマイコンを学習するための教育教材として、教育用8ビットマイコンをFPGA試作し、命令セットシミュレータ(ISS)、命令を作成する簡易アセンブラ、ホストPC-FPGA間の通信を行うインターフェースを開発した。

2. FPGA マイコン

本教育用8ビットマイコンシステムはホストPC、FPGAマイコンから構成され、通信インターフェースにはRS232Cを用いる。本FPGAマイコンの最高動作周波数は40MHzである。本FPGAマイコンのブロック図を図1に示し、FPGAマイコンを構成するブロックを以下に示す。

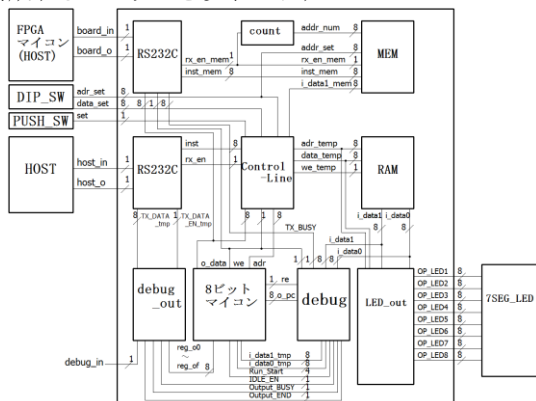


図1 本FPGAマイコンのブロック図

- ・8ビットマイコン: 命令を実行する
- ・RS232C: 送受信データの変換を行う
- ・control-line: RAMに転送するデータを選択する。
- ・Debug: 内部レジスタの値をホストPCへ転送中、8ビットマイコンを一時停止させる。
- ・RAM/MEM: データを格納するメモリ。
- ・debug_out: 内部レジスタの値ホストPCに出力。
- ・LED_out: 実行中の命令を7SEGLEDに出力。

3. 命令セットシミュレータ(ISS)

本FPGAマイコンのプログラムデバッグ環境としてCUI/GUI版のISSを開発した。本ISSは、FPGAマイコンがサポートしている全26命令[3]をホストPC上で模擬を行う。実機を用いることなくソフトウェア上で動作確認を行うため、大人数での演習を可能とする。

4. 簡易アセンブラ

本簡易アセンブラ[4]は、本FPGAマイコンの実行命令をアセンブラのように、命令ニーモニック、使用レジスタ、IMMなどで表現された命令を機械語命令コードに変換することで、初学者が機械語命令コードを作成することを簡易化する。これは命令と命令コードが1対1に対応し、レーベルの代わりに絶対アドレスを指定するところがアセンブリ言語との違いである。

5. マイコン教育システム試行評価

本システムのCUI版ISSを計算機システム学IIの実習教材として2年にわたり適用試行し、その効果を評価した。本学の情報を専攻している2年生を対象に2回の実習を行い、実習開始前に授業で扱った内容である転送命令(Load, STORE), 算術・論理演算命令, 分岐命令におけるレジスタ, プログラムカウンタ, RAM, Zフラグの動作の理解度を10段階で評価し、その評価結果を表1に示す。なお、対象人数は2014年度が17人, 2015年度が32人である。

表1 適用試行評価

	実習前	1回目 実習後	2回目 実習後	最終評価
2014年度	2.84	4.58	7.32	8.21
2015年度	3.06	4.64	6.10	7.44

授業で行った机上学習では3割程度しか理解していなかったが、実習後には2014年度では8.21点, 2015年度では7.44点と座学と比較し理解度が飛躍的に向上し、本ツールがマイコン学習に非常に効果があることが示された。また、本研究室の3, 4年生を対象に上記と同じ実習を行った後、さらに簡易アセンブラとCUI版ISSを用いたプログラミング実習を2時間行ったところ、各命令の内部動作をほぼ習得し、機械語命令コードによるプログラミングが可能となった。このことにより、簡易アセンブラを用いればマイコン学習効率が向上し、さらに複雑な命令コードの作成が行えるため、さらに短時間で効率的なマイコン学習が期待される。

6. まとめ・今後の課題

今回試作した教育用マイコンシステムのISSの実習を、情報を専攻している2年生を対象に2回の実習を行い、課題を与えたところ、実習を行う前と比較して理解度が3割から8割に増加し、目標の理解度を達成したことで、教育教材としての効果を確認した。また、研究室での簡易アセンブラを用いた実習では、さらに短時間で効率的なマイコン学習が期待される結果となった。今回の実習ではCUI版ISSのみでの評価であったため、GUI版ISSやFPGAマイコン本体を含めたマイコン教育教材の実習を行い、マイコンシステム全体としての評価やシステムとしての安定性を高めていく必要がある。また、学生からのフィードバックを取り入れさらなる改良を行っていくことが今後の課題である。

参考文献

- 1) 神原弘之, 越智裕之, 澤田宏, 浜口清治, 岡田和久, 上嶋明, 安浦寛人: KUE-CHIP2 教育用ボードリファレンスマニュアル(1993-6)
- 2) RUECHIP1 プロジェクトメンバー: RUECHIP1 教育用ボードリファレンスマニュアル(2009-9)
- 3) ルネサスエレクトロニクス: H8/300H シリーズ プログラミングマニュアル ルネサス 16ビットシングルチップマイクロコンピュータ H8ファミリ(1999-7)
- 4) ルネサスエレクトロニクス: H8S, H8/300 シリーズ C/C++コンパイラ, アセンブラ, 最適化リンケージエディタ コンパイラパッケージ Ver.7.00 ユーザーズマニュアル ルネサスマイクロコンピュータ開発環境システム(2009-8)