

組込みシステム設計教育のための FPGA を搭載したロボット教材

増永愛子 澤田直

九州産業大学 情報科学部 知能情報学科

1. はじめに

今日、次世代を担う組込みシステムの設計技術を持つ人材の不足が叫ばれている。組込み設計にはハードウェアとソフトウェアに関する深い知識が必要となる。そのためハードウェアとソフトウェアの両方が分かる技術者は産業界からの要請も強く、そのような学生を育てるための教材が必要となっている。

その中で、組込みシステム設計教育の教材にロボットを用いる例が多数報告されている。これは動機づけやシステムの動作を機械的に目に見える形で確認できるといった面で優れており、ものづくりや制御の基本的な知識と技能を身につけることができるという利点をもつからである。しかし、現在市販されているロボット教材は搭載されているプロセッサが限定されているためハードウェアの開発やカスタマイズを行うことができず、ソフトウェア開発の教育でしか利用できない。

このような背景において本研究では、制御用の基板に FPGA を搭載することにより、ハードウェアのみでの制御やプロセッサを変更したり、ハードウェアとソフトウェアを同時に設計したりすることができるロボット教材を提案する。このことにより、ハードウェアによる制御とソフトウェアによる制御のメリット、デメリットを実感することができる教材を目指す。

2. FPGA を搭載したロボット教材の目的

本研究ではロボット教材に FPGA を搭載することにより以下のような教育を可能にすることを目的とする。

- ・ハードウェアのみによる制御の実験
- ・プロセッサ IP を用いたソフトウェアによる制御の実験
- ・自分で設計したプロセッサを用いた制御の実験
- ・プロセッサの周辺回路をカスタマイズしたシステムによる制御の実験

これらを効果的に行うため、動作クロック周波数を可変にすることを考えている。例えば同じロボットを用いてライントレースを行う場合にプロセッサにプログラムを与えてソフトウェアで制御させる場合と、プロセッサを用いずに順序回路のみで制御させる場合を考える。その際にクロック周波数を十分に落として動作させると、ソフトウェアによる制御の場合には少し進んでは停止し、という動作を繰り返すのに対し、ハードウェアによる制御の場合にはソフトウェアによる制御よりはるかに高速に動作することが目で見て分かると考えられる。また一方、制御の条件を変更する場合にはソフトウェアは一部のパラメータの変更ですむが、ハードウェアは全体の変更になることもある。このようなハードウェアとソフトウェアの特性の違いを実感させることが組込みシステム開発技術者の育成のためには重要である。

また、大学等の高等教育機関で実験の中で学生にプロセッサを設計させるカリキュラムを採用している例も多く報告されている。しかし、その設計したプロセッサを利用してシステムを構築したり、他の機械を制御させる例はほとんどない。ロボット教材に FPGA を搭載することにより、学生が設計したプロセッサを用いてロボットを制御させることも可能になる。このことは、学生への動機付け、学生が作ったプロセッサに対するソフトウェア開発、プロセッサのカスタマイズなどを行うことができ、ハードウェアとソフトウェアの一貫教育のための教材にすることができる。

3. FPGA を搭載したロボットの構成

実際に改良するロボット、FPGA を搭載した制御用ボードについて検討していく。

3.1 ROBODESIGNER

本研究では、ユニバーサルプレートと、拡張ポートによりセンサの数や位置を自由に扱える等、改良や機能の追加などが容易である、JAPAN ROBOTECH 社の ROBO DESIGNER を使用する[1]。このキットは、自分でキットを組み立て、ソフトウェアの制御を行うことにより、基礎を総合的

Development of Robot Teaching Materials Equipped with
FPGA for Embedded System Design Education

Aiko Masunaga, Sunao Sawada

Department of Intelligence Informatics, Kyusyu Sangyo
University

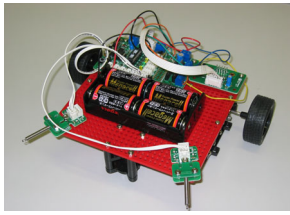


図 1 : ROBODESIGNER

に学習でき、想像力と論理的思考力を身に付けることができるように構成されている。この ROBODESIGNER の概観を図 1 に示す。

3.2 FPGA を搭載した制御用ボード

本研究で開発する制御用ボードは図 2 のような構成になる。メインとなる FPGA ボード、センサやモータと接続するための I/O ボード、デバッグの際に接続するデバッグ用のボードから構成される。

FPGA に関しては、Altera 社の、Cyclon シリーズ[2]を考えている。PLL も内蔵し、十分なピン数であるのでロボット教材に適していると考えられるからである。また、無償のツールを利用し開発できる環境にある。

次に、I/O ボードについて考える。現状の ROBODESIGNER に搭載されているインターフェースはデジタル入力ポート 8 個、アナログ・デジタル入力ポート 3 個と、モータ端子 2 個がある。搭載後の FPGA には既存のポート数と同じか利用者のニーズを考え、それ以上を用意するのか検討する。その他にも、I/O ボードにはモータ用のドライバを搭載し、FPGA には AD コンバータが搭載されていないことから、アナログ入力用の AD コンバータを用意する。

最後にデバッグ用のボードについて、FPGA 単体の動作の確認を行う為に用意する。この事は、ロボットを直接繋がないでも動作を確認できるように準備する。このボードには入力用になるトグルスイッチとタクトスイッチ、出力用に LED と 7segmentLED を用意する。

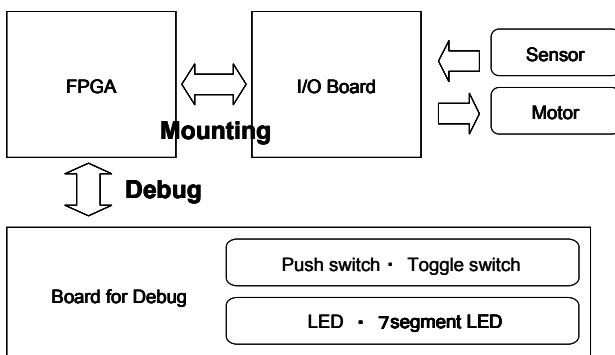


図 2 : FPGA を搭載した制御用ボード

4 テスト用ボードの試作

現在、テスト用の FPGA ボードの試作を行って

いる。まず、ROBODESIGNER の制御用ボードと変更できるものを作成することを考え、メインの FPGA ボードに CQ 出版社の Design Wave Magazine 2003 年 10 月号の付録である、FPGA 基板「Cyclon_EP1C3T100C8」[3]を利用する。このボードには、パソコンからデータを取り込むためのダウンロードポート、2 個の電圧レギュレータを搭載している。コア電圧の 1.5V と I/O 電圧の 3.3V を生成するためであり、外部からは 5V の電圧を供給すればよい。実際に ROBODESIGNER に搭載することを想定し、周辺回路を組み合わせた基板を作成する。この基板には 2 個のデジタル入力と 1 個のアナログ入力用に 10 個、合計 12 個のトグルスイッチ（アナログ端子は、IR センサの値を入力する際に使用し、センサの入力値を 8bit のデジタル信号で表し、残りの 2bit は AD コンバータの制御用）、rst 用のタクトスイッチ、8bit の出力用に 8 個の LED、20Mhz のクロック発信機を用意している。

5. おわりに

本稿では組込みシステム設計教育のための FPGA を搭載したロボット教材について述べてきた。現在は試作の段階であるが、実際に完成し、このロボット教材が教育現場において利用されることとなれば、新たな教育が可能になると考えられる。受講者の習熟度に応じて、ソフトウェアのみの開発、ハードウェアのみの開発、ハードウェアの改良、ハードウェアとソフトウェアの協調設計による開発などの様々な教育に対応することのできる組込み設計教材となることができる。また更に発展させれば、ロボットを用いた競技などにも応用できるのではないかと考えられる。

今後の課題として、FPGA にプロセッサを搭載した後に利用するコンパイラ的环境を検討する。また、ハードウェアとソフトウェアの開発環境の整備、IP の整備、充実などを検討する。

謝辞

いつも御助言、御討論頂く、JAPAN ROBOTECH 社の河野孝治社長、吉田勝之氏、田中信明氏に感謝いたします。

参考文献

- [1]JapanRobotech 社:
<http://www.japan-robotech.com/index.html>
- [2]Altera 社:<http://www.altera.co.jp/>
- [3]Design Wave Magazine 2003 年 10 月号 : CQ 出版社