

HDL 設計教育支援のための遠隔実習システムの開発 Development of Remote Practice System for Supporting HDL Design Education

森 哲史†
Satoshi MORI

千葉 慎二‡
Shinji CHIBA

1. はじめに

HDL (Hardware Description Language) による回路設計手法が普及してきており、大学・高専のデジタル回路設計教育にも HDL 設計が取り入れられるようになってきた。HDL 設計ではシミュレーションによる動作検証が可能であるが、シミュレーションで動作検証しても実回路上で動作するとは限らない。そのため、FPGA(Field Programmable Gate Array)等を利用した実回路上での動作検証も必要となる。EDA(Electronic Design Automation)ツールに関するフリーウェアの充実によって、学生は実習時間外でも自宅等である程度は HDL 設計に関する自学自習が可能となっている。しかし、実回路での動作検証については実習室が使用できる時間に限られており、自学自習への活用が困難な状況である。

実習環境を遠隔操作で提供する試みが、ネットワーク設計、ロボット制御、デジタル回路設計の分野で報告されている[1][2][3]。このような遠隔実習システムは実習室以外での実習を可能とするため、学生の自学自習への活用が期待できる。本研究では、仙台電波高専情報工学科で行われている HDL 設計教育の実習環境を、Web から遠隔操作可能な遠隔実習システムとして構築することを試みた。本システムの特徴として、実習用ボードそのものを遠隔操作できるため、遠隔にいても実習室と同様のものづくりの実感を得られる点にある。構築したシステムによって、実習ボード上の FPGA のコンフィグレーション、スイッチ操作、LED の動作確認を遠隔で実現し、学生の自学自習への有効性を検討した。

2. 仙台電波高専情報工学科の HDL 設計教育について

2.1 実習ボード

仙台電波高専とエグゼキュートシステム社で共同開発したカメレオンボードを用いている。カメレオンボードには FPGA(FLEX10K アルテラ社)と CPU (KC80 川崎製鉄社) が搭載されており、ハードウェア・ソフトウェアの協調設計の実習等が可能である。ボードの動作確認には、LED やスイッチなどを実装した入出力ボードであるカメレオン指南を接続して行う。カメレオンボードによる実習システムの構成を図 1 に示す。

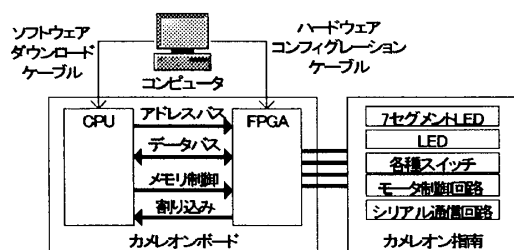


図1 カメレオンボード実習システム

† 仙台電波工業高等専門学校、情報システム工学専攻
‡ 仙台電波工業高等専門学校、情報工学科

2.2 HDL 設計教育概要

情報工学科 4 学年に対し、週 4 時間 (2 時間×2 回) で 15 回の講義実習を行う。講義内容は、HDL の記述法、各種基本回路の設計、CPU の設計で構成される。各講義において、最初に教員が Web で用意された実習マニュアルを元に講義を行い、講義に関連した HDL 設計課題を提示する。学生は与えられた課題を実習時間内および時間外に行い、提出期限までに設計した課題ファイルをインターネット経由で提出する。使用している EDA ツールはフリーウェアのため、学生は自宅の PC 等でシミュレーションまでは実行できる。しかし現状では、実習ボードによる動作確認は実習室の使用できる時間に限られている。

3. 研究概要

3.1 システム要求

本研究では、カメレオンボードを遠隔で操作可能とする遠隔実習システムを構築する。HDL 設計教育を対象とするため、カメレオンボードに搭載された CPU については遠隔操作の対象外とした。本システムは、利用者が Web を用いて遠隔地から HDL 記述の実回路での動作確認を行えるようにするため、以下の機能を実装することにした。

- 遠隔地からのカメレオン搭載 FPGA のコンフィグレーション
- 遠隔地からのカメレオン指南の出力の確認
- 遠隔地からのカメレオン指南に対する入力

3.2 システム構成

図 2 に本遠隔実習システムの構成を示す。利用者はインターネット経由で実習サーバにアクセスする。実習サーバには、実習ボードの出力素子を確認するためのカメラ、スイッチを操作するためのスイッチ制御回路、FPGA のコンフィグレーションを行うためのコンフィグレーションケーブルが接続されている。

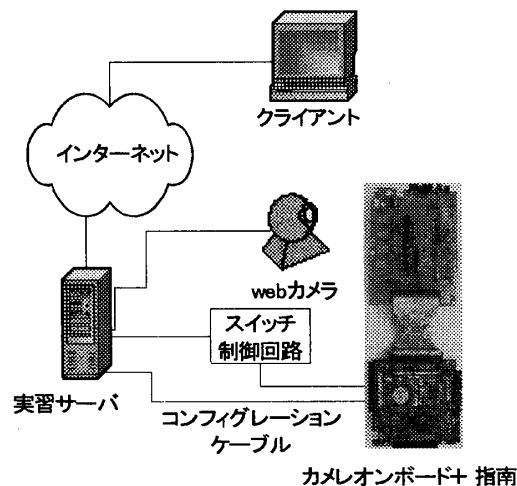


図2 遠隔実習システム

4. 実装手法

4.1 遠隔からのFPGA コンフィグレーション

遠隔からのFPGAへのコンフィグレーションの流れを図3に示す。利用者はHDL設計および論理合成などを行い、予めコンフィグレーション用ファイルを作成しておく。このファイルをHTMLフォームを使用して実習サーバに転送し、サーバはファイルをディスクに保存した後、コンフィグレーションコマンドにファイルを指定して実行させることにより、FPGAへのコンフィグレーションを行う。

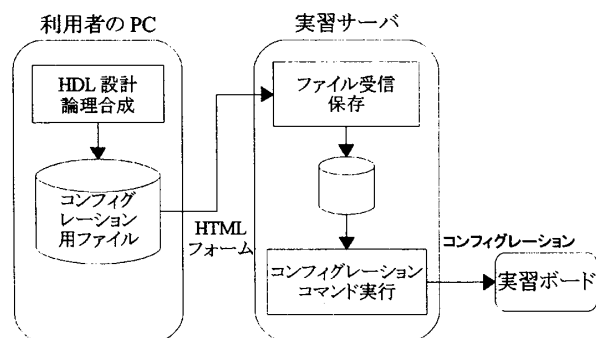


図3 遠隔からのFPGA コンフィグレーションフロー

4.2 遠隔での実習ボードの出力素子の確認

カメレオン指南の出力素子(LEDなど)を撮影するためのWebカメラを用意した。撮影した画像を転送する方法として、以下の二つの方法について検証した。

- A) 動画ソフトによるライブ配信
- B) Webブラウザ側で画像ファイルをリロード

方法Aでは、圧縮された動画データを転送するので必要となる回線速度は少ないが、利用者側のPCに動画を閲覧するための専用のソフトウェアをインストールする必要がある。また、動画データをバッファリングするため表示までに時間の遅れが生じた。

方法Bは、Webブラウザの機能であるJavaScriptを用いて、サーバ上の画像ファイルを定期的にリロードする方法である。この場合画像ファイルをダウンロードすることになるので、データ通信量は増加するが、画像のダウンロード完了後すぐに表示することができる。

本研究では、利用者側にソフトウェアをインストールする手間を作らず、リアルタイム性を上げるために方法Bを採用した。

4.3 遠隔での実習ボードのスイッチ操作

遠隔地からカメレオン指南のスイッチを操作するためのスイッチ制御回路を製作した。カメレオン指南上の制御対象となるスイッチは16個ある。スイッチ制御回路は、実習サーバのRS-232Cポートからシリアル出力されるスイッチの状態データを16ビットの平行信号に変換する役割を持っている。スイッチ制御回路からの16ビットの信号線をカメレオン指南のスイッチ部分に接続し、実習サーバからスイッチの状態を変更できるようにした。利用者は、遠隔サーバに対してスイッチの操作

要求を出すことによって、スイッチを操作することができる。

4.4 ユーザインタフェース

本遠隔実習システムの利用者は、Webブラウザを使用して遠隔地の実習サーバに接続された実習用ボードを利用することができる。図4に本研究で作成したシステム利用者用のWeb操作画面を示す。画面構成は、左上部がコンフィグレーション用ファイルの転送フォーム、右上部がボードの動作確認をするためにカメレオン指南をWebカメラで撮影した画像、そして下部がスイッチ操作部となっている。このインタフェースを通して、利用者はカメレオンボードに対するコンフィグレーション、出力の確認、スイッチの操作が可能となる。本システムを学生に試用してもらったところ、操作性は簡便との一定の評価が得られたので、自主学習への活用の有効であることがわかった。

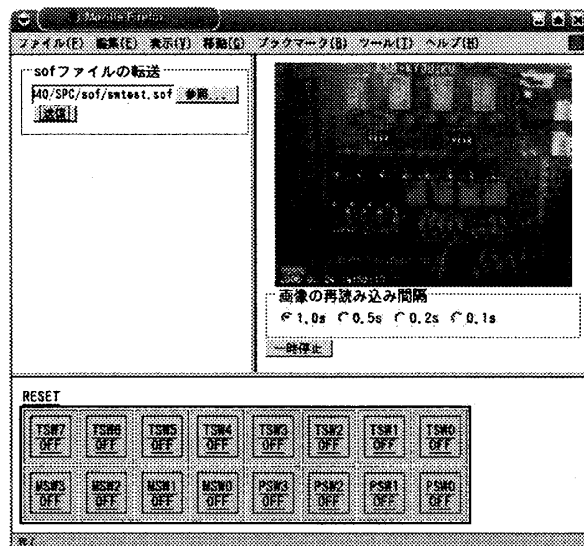


図4 遠隔実習システム利用者のWeb操作画面

5. まとめ

本研究では、FPGA実習用ボード、カメレオンボードによる遠隔実習システムを構築した。これにより、遠隔地からのカメレオンボードの操作が可能になった。しかし現在のシステムでは、複数人のシステム利用時間をスケジューリングする機能を実装していないため、実際のHDL設計実習への導入はまだ行われていない。今後は本遠隔実習システムにマルチユーザの機能を加え、実際の運用を開始させたいと考えている。

参考文献

- [1] 山口広行、松浦幸成、三浦晃一郎、小玉成人、林剛：ネットワーク機器遠隔実習システム(REPSYS)の開発、情報処理学会全国大会講演論文集、Vol.68、No.4、pp.399-400、2006。
- [2] 岩月正見、加藤偉之、米川輝、佐藤晋平：WWWを用いた遠隔実験・実習システム、電子情報通信学会技術研究報告、Vol.101、No.706、pp.17-22、2002。
- [3] 斎藤正和、薫科崇、田中清臣：WWWを利用したデジタル回路遠隔実験、電子情報通信学会技術研究報告、ET2003-108、pp.59-64、2004。