

デジタル回路の技術進歩を体験できる 実習に関する教育研究

岐阜県立大垣工業高等学校

教諭 桑原 雅宏

1. 研究の目的

本校電子工学科のデジタル回路に関する実習は、工業情報数理で学習した AND や OR などの論理素子で回路を設計し、ブレッドボード（電子部品をはんだ付けしないで電子回路を構成できるボード）に標準ロジック IC（論理素子が内蔵されたもの）とワイヤーを用いることで回路を構成して学びを深めている。しかしながら、世の中に存在する家電製品や情報通信機器は、小型軽量かつ多機能を実現できる大規模 IC で構成されており、現状の実習では世の中の最新技術まで触れられていない。そこで、大規模 IC のひとつである FPGA（Field Programmable Gate Array）による実習を実践することで、最新技術に触れられ、技術の進歩を体験できると考え、令和 8 年度からの実施に向けて、実習環境を構築し、実習内容の検討および試行に取り組んだ。

2. 研究の概要

(1) 研究組織

本研究は、以下の令和 7 年度に在籍する電子工学科職員で取り組んだ。

担当者	役割
教諭 1 名	研究全体進捗管理、実習構成の検討
教諭 1 名	実習構成の検討
教諭 1 名、常勤講師 1 名	実習課題の検討
常勤講師 1 名	実習指導用テキストの検討
実習助手 1 名	研究予算管理、研究材料の購入
実習助手 1 名	実習用テキストの検討、研究材料の加工

(2) 研究の手法と日程計画及び活動内容

本研究は、以下のスケジュールに基づき実施した（令和 7 年 6 月は採択待ちで計画なし）。

年	月	計画
令和 7 年	4	研究テーマの検討
	5	申請書類の準備および申請手続き
	7	研究に必要な研究材料の検討および購入手続き、実習構成の検討
	8	実習課題の検討、購入した研究機器の使用方法の確認
	9	実習内容および課題の実現性の確認、実習指導用テキストの作成
	10	実習指導用テキストの作成
	11	実習用テキストの作成
	12	実習の試行
令和 8 年	1	試行結果のフィードバック
	2	次年度に向けた実習準備
	3	研究結果報告書の作成

3. 研究成果の分析と考察

(1) 実習環境 (FPGA ボード、FPGA 統合開発環境)

本学科が所有するパソコンに、購入させた頂いた FPGA ボードおよび FPGA 統合開発環境を使用できるようにした。

FPGA ボード：XILINX (ザイリンクス) 製 Artix-7 を搭載した FPGA 開発ボード Basys3

FPGA 統合開発環境：XILINX 製 Vivado

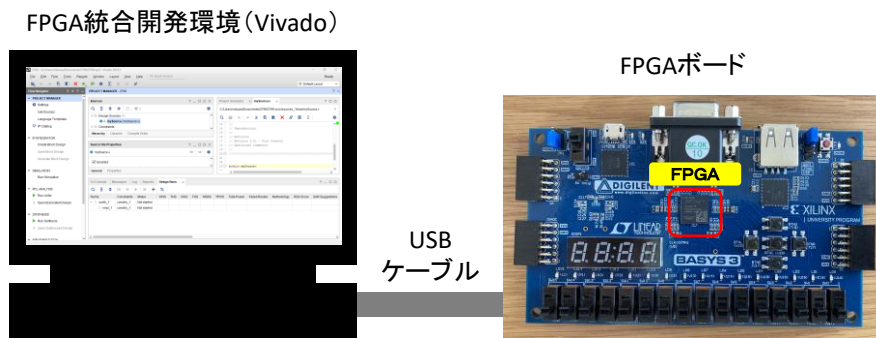


図 1 構築した実習環境

(2) 実習内容

本研究テーマにもあるように“技術進歩を体験できる”こと の理由として、FPGA に関する技術は、習得すべき専門的な技術要素が多く、企業に属する社会人が技術を習得する場合、FPGA ベンダーの有償セミナーを受講することが多い。このように社会人レベルの内容を高校の実習として実施するのは時間的にも技術的にもハードルが高い。そこで、社会人と同様に専門的な技術の学びを実施して難しく苦手意識が残るよりも、最新技術に触れる程度で生徒自らが容易な課題を解決できる“体験的な学び”の内容にすべきと考え、以下の内容とした。

- ・ FPGA 概要
- ・ 実習準備 (プロジェクトの作成、設計手順の説明)
- ・ 実習課題 (AND 回路、OR 回路、NOT 回路、半加算回路)

また、実習時間数として、電子工学科で実施している他の実習も考慮して 150 分×2 回とした。尚、技術の進歩を感じられるように、ブレッドボードと標準ロジック IC を用いた論理回路実習を実施しておくことを前提とする。

(3) 指導用テキスト (学習指導案、指導スライド、ルーブリック評価表)

先述した実習内容より以下のような指導用テキストを作成した。

- ・ 生徒が限られた実習時間の中で最新技術に触れ技術進歩を体験できる
- ・ 指導できる教員が固定されることなく誰でも指導できる指導用テキストにする
- ・ 実習の取り組み状況や報告書の内容を総合的に評価できる

具体的には、①学習指導案、②指導スライド、③ルーブリック評価表、と 3 部構成から成る指導用テキストを作成した。学習指導案には、実習の進め方、生徒および教員の準備物などを記載した。指導スライドには、実習機材および開発環境の写真や画面キャプチャを多く盛り込んだ。ルーブリック評価表には、実習取り組みによる評価と報告書提出による評価に分け、それぞれ 3 観点 (「知識・技術」、「思考・判断・表現」、「主体的に学習に取り組む態度」) に対して ABC を記入するようにした。

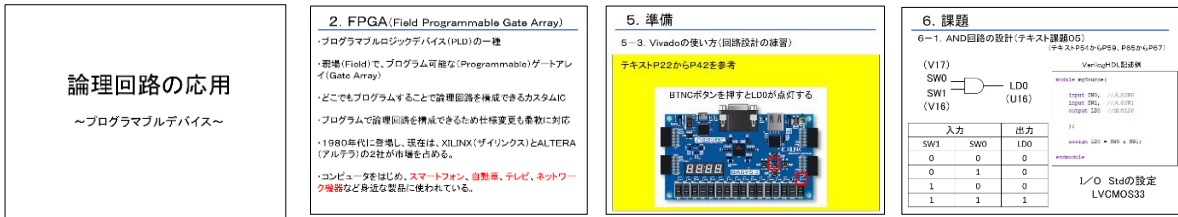


図2 指導スライド（一部抜粋）

(4) 生徒用テキスト（ワークシート、補助テキスト）

指導用テキストをベースにして、生徒が使用する生徒用テキストとしてワークシートを作成した。このワークシートは、実習の目的、FPGA 概要、実習準備、実習課題で構成されている。教員は指導スライドに従い、実習の目的、FPGA 概要、実習準備を説明し、生徒の取り組み状況を確認する。最後の実習課題は、生徒自らが課題を把握し、教員に説明された開発環境を使い、課題に取り組めるようにした。しかしながら、開発環境が英語表記であることから課題取り組みの妨げとならないように教員の指導スライドの一部を補助テキストとした。

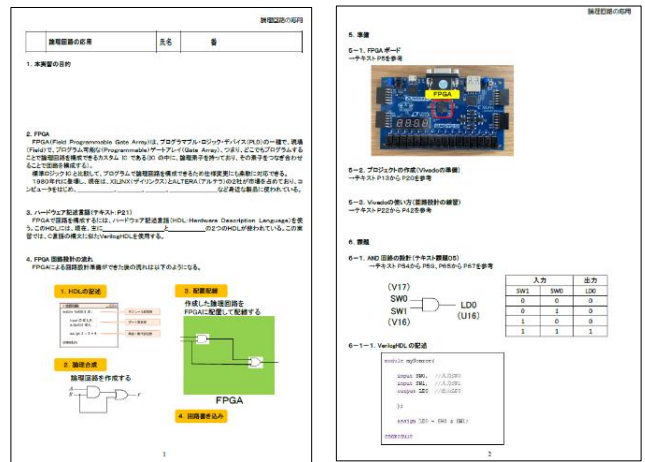


図3 ワークシート（一部抜粋）

(5) 実習の試行

令和8年度から実施できるよう構築した実習環境と作成した各テキストを使用して、電子工学科2年生8名（令和8年度から3年生）に協力してもらい実習を試行した。尚、この8名はこれまでにブレッドボードと標準ロジック ICを用いた論理回路実習を実施しているため試行対象者となり得る。この試行の中で最も確認したかったことは、生徒が各テキストを理解して進められるかという点であり、難しすぎる、分かりにくい、など生徒の声を確認したかった。生徒8名に、ワークシートと補助テキストを配布し、指導スライドに従って進めた。

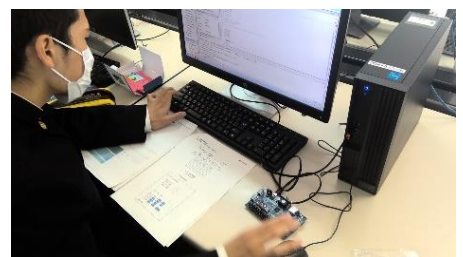


写真1 実習の試行

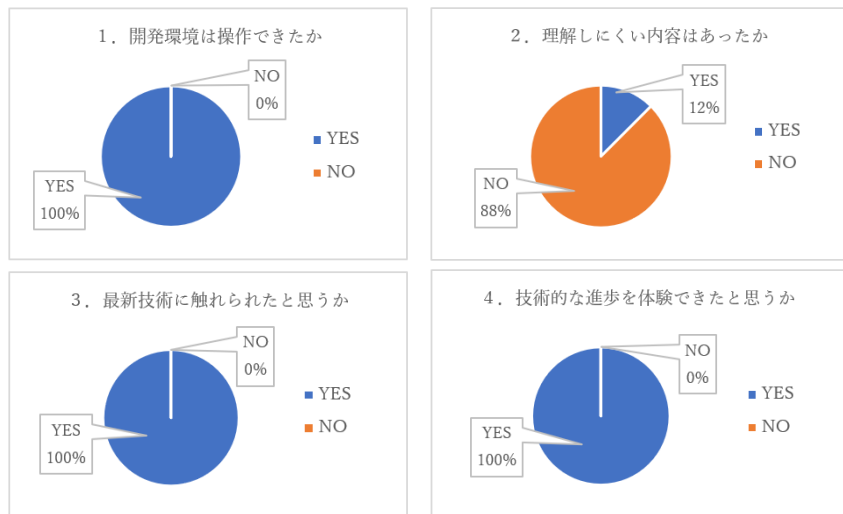


図4 アンケート結果

一通り説明した後、各生徒は補助テキストを参考に実習課題に取り組んだ。試行した時間は約 210 分であり、予定している実習時間（150 分×2 回）とは異なるものの試行の目的は達成できたと判断した。最後に、生徒 8 名にアンケートと感想を依頼した。アンケート結果は図 4 であり、感想は以下の通りであった（生徒の記載そのままとした）。

- ・プログラムを書き込み、それが正しく動くのは作成していて達成感があった。ただ、全て英語で書かれていたので難しかった。
- ・マニュアルがあったので簡単にできたから、もう少し説明の時間を巻いてやって練習問題の時間を確保してもいいと思った。
- ・とっても楽しくて、またやりたいなと思った。
- ・そこまで難しいプログラムを書くわけではないので、楽しく実習ができました。
- ・完成したときが楽しかった。
- ・回路がプログラムどおりに動作した時、とても楽しかった。個人的にはとても分かりやすかった。
- ・順調にできていたから良い実習になると感じた。今みたいなスピード感が調度良い。
- ・FPGA 操作が楽しかった。

4. 今後の課題と展望

令和 8 年度からの実施に向けて、実習環境を構築し、実習内容の検討および試行に取り組んだ結果、想定した成果が得られたものとする。FPGA に関する技術は、習得すべき専門的な技術要素が多く、高校の実習として実施するのは時間的にも技術的にもハードルが高いことから体験程度の内容に留めた。図 4 のアンケート結果から生徒の能力を超えない内容であったと考えられる。しかしながら「2. 理解しにくい内容はあったか」のアンケートに対して、生徒 1 名が YES の回答で、「開発環境が英語表記であるため混乱するかもしれない」と回答した。FPGA 開発手順の複雑さに加え、英語表記が取り組みの妨げとなるものと考え、補助テキストも配布していたが 100%補えるものではないと確認でき、さらなる補完は“協働的な学び”に期待したい。試行した実習でも“協働的な学び”が見受けられ、生徒は先へ進めることができた。この“協働”は社会に出てからも役に立つものであるため“協働的な学び”を生徒に勧めていきたい。最後に、今後進めるべき方向性として、FPGA 技術に一步踏み込んだ内容の実習を検討したい。具体的には、“最適化設計”、“低遅延設計”、“タイミング検証”などが考えられるが、一步踏み込むとは言え、生徒の能力を超えない実習内容とするために、令和 8 年度からの実習を実践する中で、生徒らの取り組み状況を観察しながら考えていきたい。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、公益財団法人天野工業技術研究所様より多大なご支援を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。また、ご協力頂きました関係者皆様に御礼申し上げます。

参考文献・引用文献

- ・FPGA の原理と構成 オーム社 天野英晴著
- ・キットで学ぶシリーズ No9 FPGA チャレンジャー XILINX Artex-7 版 入門編