

マイコン実習の改善

愛知県立碧南工科高等学校

西田 光希

1. 研究の目的

本校電子工学科では様々な実験実習を行っているが、近年のエレクトロニクス技術に合った実習装置が乏しい。そのため、生徒が興味関心を引く実習を展開できていない。そこで、実習装置の見直しと改善を行う。時代に合った実習が展開できるように教材研究を行い、教員のスキルアップと主体的・対話的で深い学びを実践できるマイコン実習に改善していく。

2. 現状と課題

現在、本校電子工学科では2年生でマイコン制御実習を行っているが、内容が古く、指導書に記載されているプログラムを入力して、その動作を確認することが主な内容となっている。これでは、生徒が自ら考え工夫する余地がない。さらに、使用しているマイコン実習装置は老朽化しており、作り直さなければならないが、昨今、電子部品の価格が高騰しており、満足する教材研究が行えていない。この機会に様々な電子部品を取り扱い、実験や回路設計を通じて電子部品の特性を理解し、研究を行うことで教員のスキルアップにつなげていきたい。教員のスキルが向上することで、マイコン実習の質を向上させ、他の実習や授業の展開にも相乗効果を与えるものになりたい。

3. 研究の概要

(1) 研究組織

今年度、マイコン実習を担当している教員を中心とした組織を構成した。1年生で製作したリモコンカーに搭載したマイコンボードを使用するため、マイコンボードを設計した教員をメンバに加え、その技術やノウハウを継承させていくために、電子工学科の若手の教員もサポートメンバにした。

(2) 研究スケジュール

2024年5月・・・ロボットの全体設計、3D CADによる部品の設計

7月・・・マイコン実習装置の企画立案

8月・・・電子部品の研究選定

9月・・・回路設計、試作基板の製作

12月・・・プログラム開発

1月・・・マイコン実習装置の量産

2月・・・指導書の作成

4. マイコン実習装置の製作

(1) マイコン実習装置の企画

1年生で実施しているリモコンカー製作実習では、マイクロチップ・テクノロジー社の PIC16F1938 を使用したマイコンボード (図1) を製作し、制御基板として組み込ませている。このマイコンボードを生かし、新たに製作した入出力制御対象基板を組み合わせることで、実習の幅を広げることができるようにした。また、1年生の時に生徒自身が製作したマイコンボードを使用することにより、自分が製作したものへの責任と、制御して動かす楽しさを体験することができると思った。

今回は、入出力制御対象基板を2種類製作することにした。1つは入力装置としてタクトイルスイッチを、出力装置として7セグメント LED を搭載した入出力基板。もう1つは、製作したリモコンカーという特性を生かし、赤外線 LED とフォトトランジスタを組み合わせたライントレース基板とした。



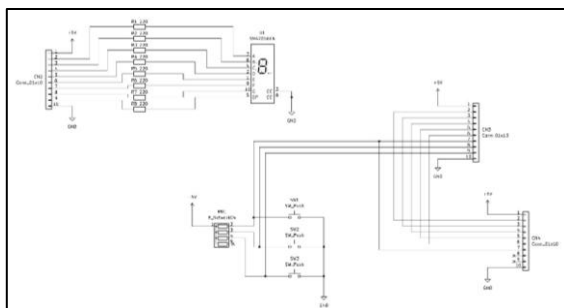
(図1) マイコンボード



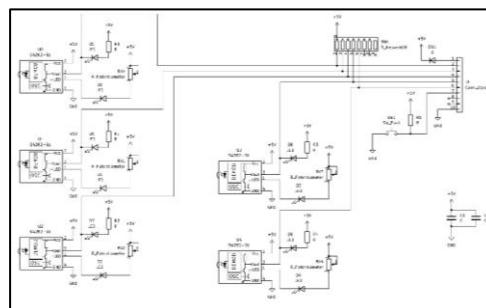
(図2) リモコンカー

(2) 回路設計

回路設計をするにあたり、部品選定を行った。使用する電子部品は、修理することも考慮して汎用性の高い規格品を選定した。入出力基板のタクトイルスイッチは当初、6mm 角のものを使用しようと考えていたが、耐久性や操作性のしやすさを考慮し、12mm 角のものを採用した。また、7セグメント LED は制御のしやすさからカソードコモンを選択した。ライントレース基板は配線のしやすさを考え、赤外線 LED とフォトトランジスタがモジュール化されているものを、いくつか購入し実験を行ったが、検知できる距離の範囲が狭かったり、外乱光によりうまく動作しなかったりと、なかなかマイコン実習に適するものが見つからなかった。そこで、フォトトランジスタに発振回路や、LED 駆動回路等を組み込んだ光変調型フォト IC S4282-51 を採用した。この IC は外乱光に強く、赤外線 LED を外部接続できるようになっているため赤外線 LED の種類を選定することができ、検出範囲を広げることができた。また、赤外線 LED に半固定抵抗を直列に組み込み、検出距離の調整ができるようにした。回路図は KiCad というソフトウェアを使用して描いた。下の図は設計した入出力基板とライントレース基板である。(図3, 4)



(図3) 入出力基板 回路図



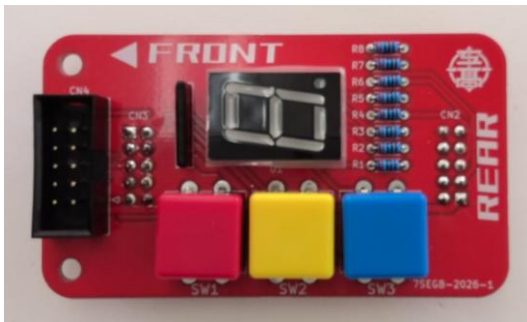
(図4) ライントレース基板 回路図

(3) 基板設計

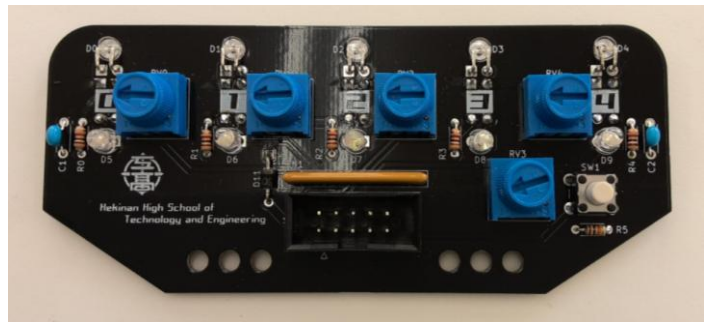
回路設計時に使用した KiCad には、回路図から基板設計を行える機能があり、それを利用して基板設計を行った。入出力基板は、マイコンボードの上にピンでドッキングさせるようにした。そのため、マイコンボードに元々ついているスイッチ類やセンサー等に干渉しないように基板の大きさを調整したり、ピンの位置を合わせ必要な電子部品を全て搭載させるなど、多くの制約があったが、一枚の基板に集約させることができた。ライントレース基板はリモコンカー本体と干渉しないように形や、大きさを設定した。使用する光変調型フォト IC S4282-51 に赤外線 LED を外部接続する必要があるため、離れすぎて設置すると感度が悪くなり、近すぎると組立てに支障が出てしまうため、試作品を何度も作り調整を行った。

(4) 基板製作

基板は試作品を感光基板で製作し動作を確認した後、Seed Fusion PCB 社へ基板製作を依頼した。完成した基板に電子部品をはんだ付けすることによって、基板を完成させた。(図 5, 6)



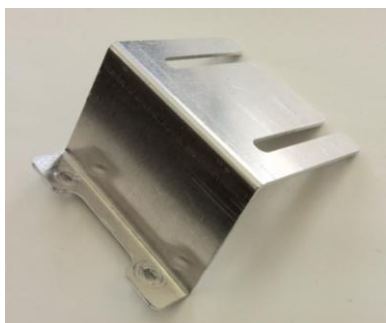
(図 5) 入出力基板



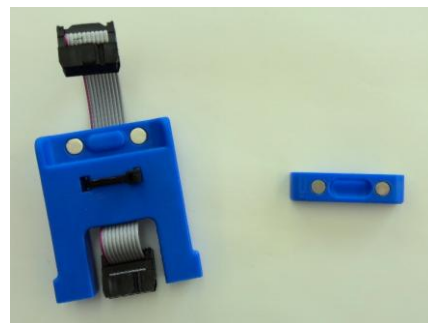
(図 6) ライントレース基板

(5) ライントレース基板のジョイント部品の製作

ライントレース基板はリモコンカーに取り付ける必要があるため、ジョイント部品を設計する必要がある。まずはアルミ板で製作した。(図 7) 剛性は申し分なかったが、リモコンカーに取り付けるために、毎回キャスター部分の固定ねじを緩ませ、また締め付けるといった作業が必要になってしまう。また、アルミ加工を精度よく行わないと、ライントレース基板と床との間隔が変わってしまうのが問題であった。そこで、FDM 方式の 3D プリンタを使用することにより、精度よく製作できるようにした。工具を使わずに取り付けられるように設計し、ジョイント部品にマグネットを内蔵させることで、容易に脱着できるようにできた。(図 8)



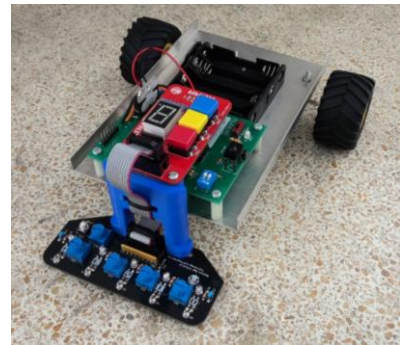
(図 7) アルミ板で作成した試作品



(図 8) 3D プリンタで作成したジョイント

(6) 組み立て

完成した基板にジョイント部品を取り付け、マイコン実習装置が完成した。右の図はリモコンカーと実習装置を組み合わせたものである。(図9)



(図9) 完成した実習装置

5. プログラム開発

1年生のリモコンカーでは使用していなかった I/O ポートの設定を行い、入出力基板とライントレース基板の信号をマイコンに取り入れることができた。実習展開を考える中で、プログラムの入出力関係をユーザ関数でまとめるのではなく、生徒自身が考え創意工夫できるように PORT レジスタを使用するのが最適であると考え、ユーザ関数は初期設定のものだけを作ることにした。

6. 指導書の作成

コンセプトは生徒にマイコン制御への興味関心を持たせるため、自分で製作したリモコンカーを使用し、そこに拡張パーツを取り付けることによって実習を展開することとした。よって、まずは搭載されているマイコンの使用方法を学び、入出力基板を用いて I/O ポート制御を学習できるようにした。入出力基板を用いてスイッチ1つで制御を始め、複数のスイッチを組み合わせた入力制御、7セグメント LED に任意の数字や文字を表示させる出力制御を学ぶ。次に、ライントレース基板を用い、簡単なフィードバック制御を体験させるなど、幅広い制御を体験できるように計画した。

7. まとめ

普段は、なかなか電子部品の研究実験をすることができなかったが、今研究を通じて、様々な電子部品の研究実験を行うことができた。多数あるフォトトランジスタの特性試験を行うことにより、特性の違いを検証し、研究することもできた。それにより、光変調型フォト IC という最適解を導き出したことは、大きなステップアップである。また、1から回路設計、基板設計を行い、基板を製作できたのは電子工学科の職員としてスキルアップにつながった。この経験は、マイコン実習以外の授業にも生かせ、生徒に還元することができる。

今研究では、電子部品の研究及び選定や、回路設計に時間がかかり、指導書の完成まで終わることができなかった。実習装置は完成したため、来年度からの授業での使用を開始したい。実習の進行状況を確認しながら、指導書の整備を進めていきたい。

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頂きました。ここに記して謝意を示します。