

# 専門技術研修「基板設計技術」実施報告

○須恵耕二<sup>A)</sup>、大嶋康敬<sup>B)</sup>、松田樹也<sup>A)</sup>、寺村浩徳<sup>A)</sup>、榎蘭佑希<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup>電気応用グループ

<sup>B)</sup>装置開発グループ

## 1 はじめに

回路開発の中で設計した回路をユニバーサル基板上で製作する機会が増えているが、1枚だけでなく複数枚の基板製作が必要な場合、品質が安定せず時間もかかる。近年、無料の基板設計ソフト（フリーCAD）の普及とPCB加工機の低価格化に加え、プリント基板外注の低価格化もあって、基板データを作成すれば自分で生基板から基板加工したり、高品質かつ安価な外注で製品化したりすることが容易である。

そこで、フリーの基板設計ソフト「KiCAD」の使用方法を学習し、基板外注に至るノウハウを獲得するために本研修を実施したので報告する。

## 2 実施した研修内容

本研修は、フリーの基板設計ソフト KiCAD で基板設計を行い、外注に足る品質の設計データを作ることを目指した。また、実際に基板を外注してその品質の確認を行った。さらに、工学部附属の「ものクリ工房」にある3Dモデラでの基板加工の可能性を探る調査を行った。

### 2.1 KiCAD

KiCAD はオープンソースの無償プリント基板CAD[1]で、Windows, Linux, Mac で使用できる。フリーソフトながら機能制限がなく多層基板の設計まで可能となっており、近年シェアを広げている。

KiCAD はいくつかの設計ツールを含んだ基板開発環境であり、主な基板設計手順として

- (1) 回路図エディタ Eeschema による回路設計
- (2) 回路の部品シンボルと基板エディタのフットプリントを対応付け
- (3) 電氣的ルール・チェック(ERC)の実行と対処
- (4) 回路図のネットリスト（部品の接続情報データファイル）の出力
- (5) プリント基板エディタ(pcbnew)で、デザインルールを設定してネットリストを読み出し、部品に配線
- (6) デザインルール・チェック(DRC)機能で部品配置や配線太さ等にエラーがないことを確認
- (7) プリント基板加工用のガーバ・データおよびドリルデータを出力

を行うことで、外注に必要なプリント基板データ(7)を作ることができる。

### 2.2 研修で設計した内容

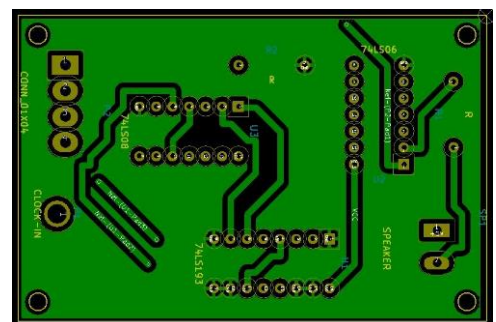
今回の研修で、各自が設計した基板は次の通り。

須恵： 学生実験用分周回路

本基板は、学生実験「論理回路実験」でモールス符号を生成するため3つの周期に分周した矩形波を出力する分周回路である。

設計したガーバデータの片面分を画像1に示す。

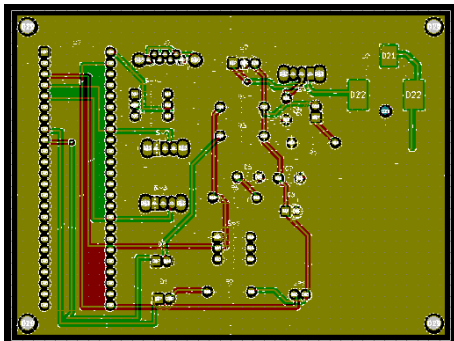
画像1 基板のガーバデータ（須恵）



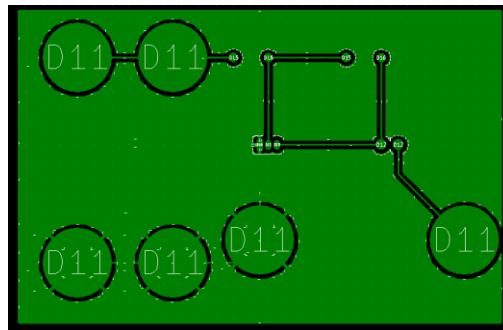
寺村： 学生実験用拡張基板 oaks16 mini-exboard

本基板は、学生実験第二 3B で使用するもので、ルネサスエレクトロニクス M16C シリーズのマイコンを使用した学習用の拡張基板である。設計したガーバデータを画像 2 に示す。

画像 2 基板のガーバデータ (寺村)



画像 3 基板のガーバデータ (榎菌)



榎菌： トランジスタラジオ用基板

教養ものづくり科目で基板にはんだ付けさせる課題用の基板で、現在のユニバーサル基板での配線ミスを低減させるために設計。設計したガーバデータを画像 3 に示す。

大嶋： ワイヤレスモジュール ESP-WROOM-32 への書き込み、および動作テストを行なう基板

KiCAD での設計後、研究室での加工機で削り出しを行った後に実装した基板を画像 4 に示す。

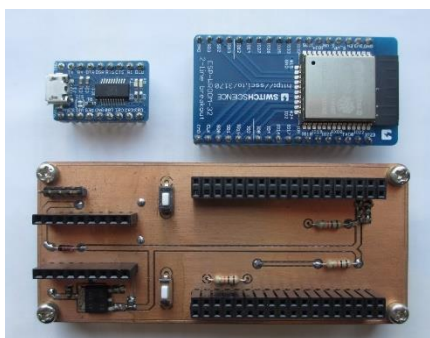
松田： ①太陽電池充電コントローラ回路

12V 鉛電池に太陽電池からの電力を充電する回路で、電圧追従パルス幅変調で電力を制御し、また USB コネクタにて充電した鉛電池からの 5V 供給も可能。N チャンネル MOS-FET 採用で安価かつ低オン抵抗による損失を軽減している。

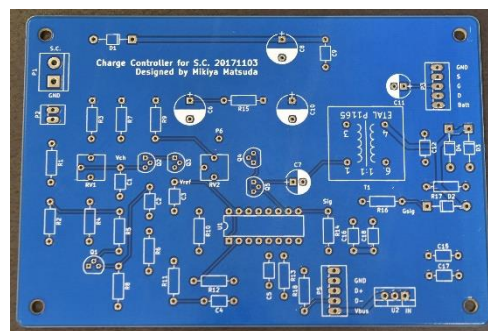
②パルス電源コントローラ回路

様々な機能を 1 つに集約した装置用基板。ファンクションジェネレータ 3 台、高電圧直流電源コントローラ、機械スイッチドライブ回路、パルスカウンタに代わり、本装置のみで高電圧パルス電源回路の制御を可能としている。

画像 4 加工した基板 (大嶋)



画像 5 外注した基板 (松田)

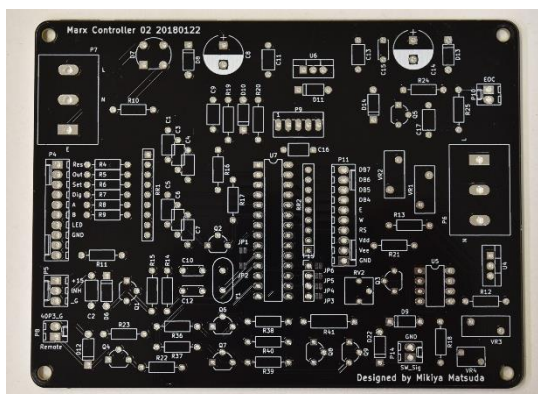


## 2.3 基板の外注と実装

実業務の必要性に鑑み、今回は松田が設計した「太陽電池充電コントローラ回路」のガーバデータからプリント基板を外注して製品化した (画像 5)。さらに、パルス電源コントローラ回路を別予算で製品化し、実験装置に実装した。実装前の基板を画像 6 に、実装後の基板を画像 7 に示す。本基板を使用した装置は現在、

依頼のあった研究室で装置として活躍している。

画像 6 外注で製品化した基板



画像 7 実装した様子



### 3 3D モデラによる基板加工に向けた調査

設計したガーバデータをを使用して、ものクリ工房にある Roland 社製 3D モデラ MDX-40A での基板加工の可能性を試行調査した。MDX-40A には 3D 加工用ソフトウェアが複数付属しているが、基板加工専用ソフトは含まれていない。そこで、現在の付属ソフトにガーバデータを落とし込んで基板加工する手法を探った。KiCAD が出力できるデータ形式のもので 3D モデラ用 3D 加工ソフト SPR Player へ直接インポート出来る形式のものが無く、ガーバデータを 3D 加工用データ(STL 形式)へ変換するフリーソフトも見いだせなかった。

様々な試行の結果、2 次元画像データから 2.5 次元データを生成できる Dr.Engrave での加工を目指した。ガーバデータを一旦 bitmap 形式の画像として保存し、これを Dr.Engrave にインポートすると自動で加工データに変換された。画像データは寸法に保障がないため、基板サイズの外枠画像にガーバデータの外枠画像を目視で重ねる手法で寸法を実寸に揃え加工試作を行った。この方法では、配線パターンのガーバデータでの加工が出来ることを確認できたが、一方で穴あけ位置を指定するドリルデータ画像との縮尺や座標を完全に一致させることが難しいため、細かい配線パターンの基板加工では品質を保証できなかった。

また、ものクリ工房所有のエンドミルは、最小サイズが直径 1.0mm のボールエンドであり、これを用いて掘り深さを 0.1mm, 0.2mm, 0.3mm の 3 パターンで加工したところ、深さは 0.2mm が最適ながら加工幅が広く、最小パターン幅の加工でパターン切れを起こした。回転数は 2 通り（低速・高速）を試したが、結果は同じであった。設備的な限界により目標とした基板加工までには至ることが出来なかった。

### 4 まとめ

今回、KiCAD を使用した回路基板の設計手法を学習し、実際に基板外注をして製品化を行った。KiCAD は多機能で設計しやすくエラーチェック機能も充実しており、導入と習得の平易性もあって今後の業務活用が期待できる。ものクリ工房での基板加工に向けては、まず先端の細いエンドミル（文字加工用）導入を要望したく、入手できれば MDX-40A での基板加工の精度を改めて検証したい。画像データ使用によるデータ座標の不一致を解消が難しい場合は、今後の業務活用のために基板加工専用ソフトの導入を提案していく。

最終的に、基板作製を業務依頼として受けることができる設備・体制を目指す。

### 参考文献

- [1] 「誰でもキマル！最新プリント基板製作 DVD」 トランジスタ技術 2016 年 7 月号, CQ 出版社