

研究テーマ

「I2C 通信 LCD とスイッチのアナログ入力を活用したモード切替基板の開発」

長野県駒ヶ根工業高等学校

電気科 佃 洸希

情報技術科 村田 嵩

1. はじめに

私たちは、駒ヶ根工業高校（以下本校）ロボット研究製作部マイコンカー班において、マイコンカーの製作に取り組んできた。マイコンカーとはマイコンを搭載したライントレーサーの一種で、コース上の白、灰色の線を読み取り走行する自立型ロボットのことである。

マイコンカーによる大会として「ジャパンマイコンラリー」がある。全国工業高等学校長協会が主催し、今年度で第 31 回目の開催となった。本校では平成 18 年度からこの大会に参加しており、平成 20 年度からは地区大会である北信越大会を勝ち抜き全国大会への出場を続けている。

以下の報告では、今年度行ってきた主要な研究、活動を通して私たちが感じてきたこと、学んできたことについて記す。

2. 研究動機・目的

RA 基板に置き換えたマシンで全国大会を勝ち抜くにあたって、対応する LCD 基板の設計およびプログラムの開発が必要になり、研究を行った。今年度は全国大会でベスト 16 を目指す。

3. 研究内容

① 回路の設計（担当：村田）

「モード切替基板」は、LCD とタクトスイッチ 5 個で構成されたプリント基板である。私たちはこれを従来より LCD 基板としてマシン走行のパラメーター変更などに使用してきた。

今回使用した LCD を図 1 に示す。型番は「AQM1602Y-RN-GBW」であり、表示できる文字数は最大で 32 文字である。この LCD



図 1 今回使用した LCD

を選定した理由は従来の LCD と表示できる文字数が同じであることや、信号線の本数を少なくできるため、今まで使用してきた LCD に比較して I/O ポートなどとして使用できる端子の数が増えるという利点があったためである。

また、この LCD は I2C 通信という通信形式を使用する。I2C 通信とはクロック（SCL）に同期させてデータ通信を行う同期式シリアル通信である。I2C 通信はマスタとスレーブに役割を分け、マスタ 1 つに対してスレーブは複数接続できる。今回制作したマスタとスレーブの接続図を図 2 に示す。マスタを「RA4M マイコン」としてスレーブ 1 の「LCD」とスレーブ 2 の「EEPROM」と通信を行った。通信ができると LCD には文字を表示させ、EEPROM にはマシン走行中のデータを取り込めた。

また、RA4M マイコンは 5V で動作するのに対して LCD は 3.3V で動作する。そのため信号をやり取りするためには、ロジックレベル変換が必要である。今回使用した N チャネル MOSFET

を含めたロジックレベル変換の回路図（信号四本分）を図3に示す。

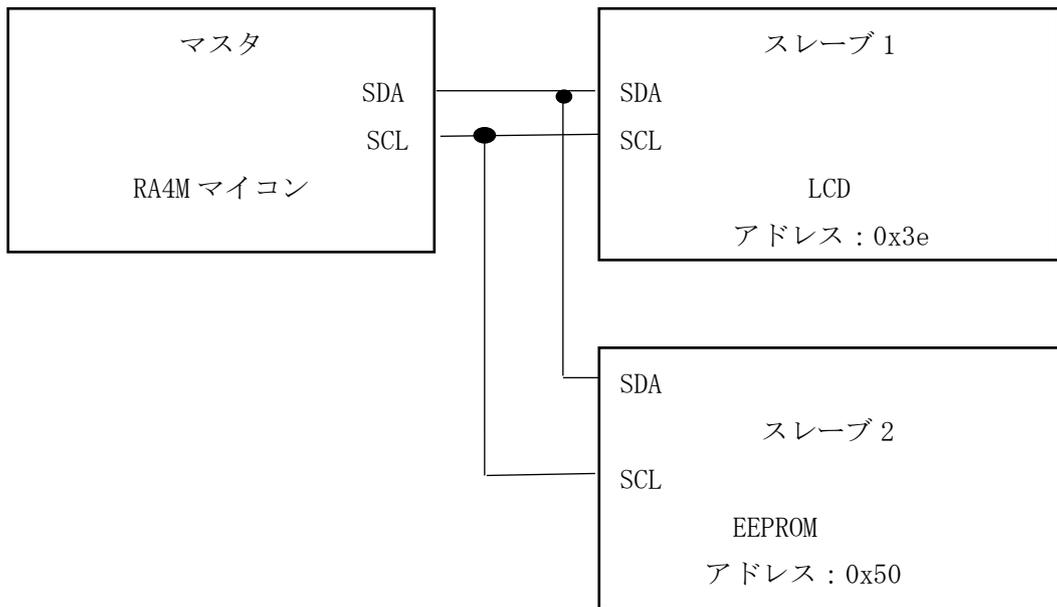


図 2 I2C 通信部品接続図

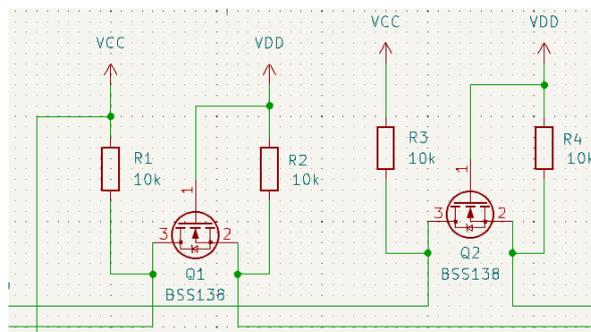


図 3 ロジックレベル変換の回路図

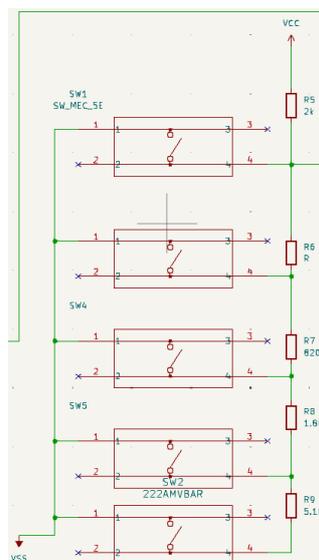


図 4 タクトスイッチ回路図

LCD 基板には合計で 5 つのタクトスイッチが使われている。信号線の本数を減らすために AD 値を使って処理をする回路を製作した。そこで、どこのタクトスイッチが押されたのか AD 値で判断する必要がある。私たちが製作したタクトスイッチの回路はそれぞれのタクトスイッチで AD 値が異なるという仕組みになっている。例えば SW1 が押された時の AD 値は 0V, SW2 が押された時の AD 値は 1V のようにタクトスイッチの番号の大きい順に AD 値も大きくなっている。このタクトスイッチの回路図を図 4 に示す。

② プリント基板の設計 (担当 : 村田)

基板製作にあたって従来の LCD を参考に基板製作を行なった。基板設計には GIPSA-Lab 社の無料 PCB 設計ソフトウェアである KICAD を使用した。まずプリント基板の設計の手順を次に示す。最初に、集めたシンボルにフットプリントを関連付けた。フットプリントとはプリント基板上に配置する部品や端子の形状、サイズ、位置などが定義されたデータである。この作業を行うことで、論理的な接続と物理的な形状を結びつけられ、PCB 設計での配線ミス防止や未配線の検出が簡単に行うことができる。次に回路図の作成は、従来の LCD の回路図をもとに回路図エディターに部品を配置し、配線を行なった。回路図エディターで使用する部品のシンボルを従来の LCD の部品表をもとに Dig key などの電子部品サイトを利用しシンボルを探した。シンボルが見つからない場合は、既存のライブラリー内のシンボルを代用したり、自分で作成するなどして部品のシンボルをシンボルエディター内に保存した。図 5 に完成した LCD 基板の回路図を示す。

次に基板設計は PCB エディターを使い設計を行なった。基板の外形線を決めることから始め、外形線は過去の LCD の寸法を参考にして作成した。次に部品の配置を行なった。回路図から部品を更新することで回路図に対応するフットプリントが読み込まれ、PCB エディター上に部品が自動で出てくる仕組みになっている。また部品の配置は使いやすさや性能を決める上でとても重要な部分になるので配置する時は、スイッチや抵抗器の位置、コンデンサの配置などに注意しながら部品配置を行なった。最後に、配線作業に取りかかった。配線はできるだけ線が長くないように表面と裏面を使い配線を行なった。途中部品のパットや他の線があることによって配線が困難になる場面が何度かあったがその都度部品の配置や線の通す場所を変更しながら配線作業を進めた。図 6 に完成した LCD 基板のパターン図を示す。

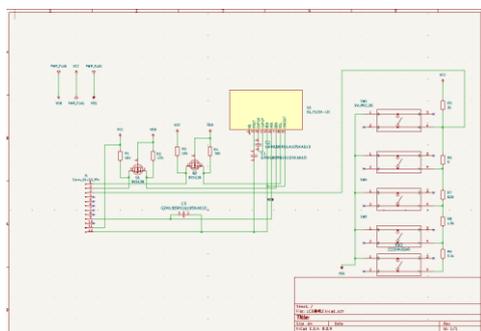


図 5 LCD 基板の回路図

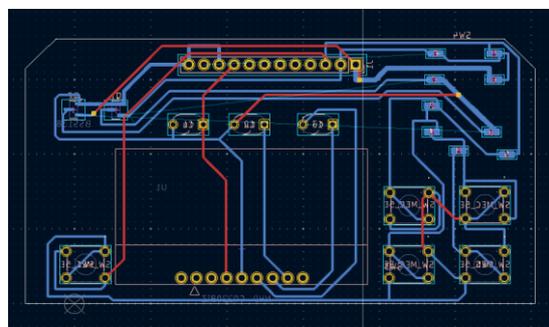


図 6 LCD 基板のパターン図

③ プログラムの作成 (担当: 佃)

LCD の通信には I2C 規格の通信方法を用いて行った。これによって通信線を大幅に減らすことができたが、LCD 基板はデザインの関係上 CN7 の横にある一列の I/O ポート(図 7 参照)を使用しなければならないが、スイッチが 5 個あるため、I/O ポートの数が不足していて、実装できない。そのため、スイッチ関係の通信線を一本にまとめるために 5 個のスイッチを直列に繋げて、アナログ値を読むことで動くようにプログラムを組んだ。アナログ値が読めること、アナログ値が変化すること、そしてアナログ値を元に閾値を設定し、スイッチ制御のプログラムを組んだ。その次に、マイコンカーラー販売から提供されている MCR SW をベースに LCD 基板用にプログラムを改造していった。MCR SW 内のセンサーの読み取り関係をアナログ値を用いたスイッチ制御に置き換えた。これらの動作確認を行った後に、旧プログラムをベースに RA 用にプログラムを置き換えていった。問題なく動作したが、プログラム内のパターン推移関係が似通ったものが多かったため、それらの関数化を行った。これによってメイン関数内にある何個かのプログラムを一行に圧縮することができた。図 8 に完成した LCD 基板を示す。

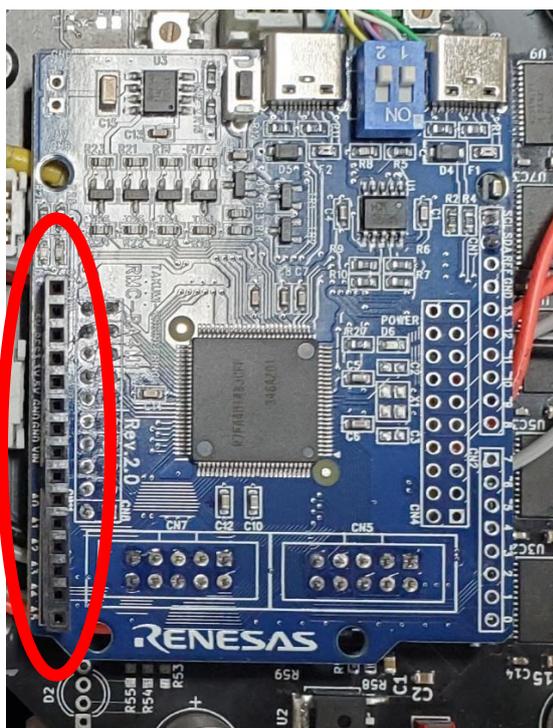


図 7 LCD 基板取り付け前

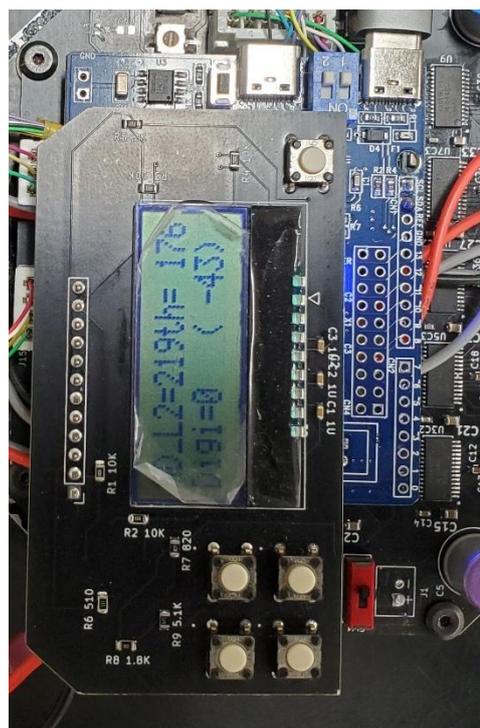


図 8 LCD 基板取り付け後

4. 考察・まとめ

[佃 洗希]

今回の目標として自分の中で RA4M1 に置き換えたマシンで、全国大会で 8 位入賞を目指して活動してきた。RA4M1 を運用するために後輩が Kicad を用いて新ドライブ基板を設計し、私たちの方でプログラムを担当していた。初期の方では、開発環境をルネサスエレクトロニクスの

e2studio か、ArduinoIDE のどちらを使うのかという問題があり、それぞれ一長一短の特徴があった。e2studio の方は、今 Advanced で使われている $250[\mu s]$ の周期が使えるが、講習会から提供された 4 本の動画以外の情報がほとんどないのに対して、Arduino は、有識者が多く色々な情報を見つけられるが、周期が $1ms$ しか使えない問題があった。私たちはまず始めに e2studio から開発を始め、最初の方ではセンサーやモータ関係の置き換えを進めていった。しかし、周期関係の設定に入ったくらいから、Arduino に置き換える際の最大の障壁でもあった、周期関係をより短くできると判明し、仮にこのまま e2studio を進めていっても、情報が明らかに少ないため、夏休み中には調整できる段階に持って行きたかったため、Arduino に切り替えて開発を進めていった。途中まで双方で開発を進めていく形になったが、どちらも毎日トラブル続きで、非常に苦しかったが、後輩たちや顧問の先生方の助けもあり、なんとか夏休み中の 8 月に調整できる段階まで持って行き、そこから 10 月の始めにあるロボコン in 信州、11 月に北信越大会、そして 1 月にある全国大会で置き換えた RA4M1 で記録を残すことができた。ロボコン in 信州では、予選タイムが $15.55[s]$ 、決勝が逆走のコースになっていたが、こちらも $15.55[s]$ で、秒速に直すとそれぞれ約 $3.8[m/s]$ 後半ほどのタイムだった。初めての大会でなんとか記録を残すことができたが、置き換え前と比較すると、かなりタイムが落ちてしまった。しかし、カーブ、坂関係でかなり減速していたため、そこらを改善できれば、北信越大会で戦えると思い、調整を続けた。そこから、カーブを中心に調整を行い、北信越大会では、予選タイムが $13.27[s]$ 、決勝で $13.11[s]$ 程だった、秒速に直すと $4.05[m/s]$ 、 $4.10[m/s]$ だった。記録に残る大会では、初めて $4.1[m/s]$ を出すことができたが、後に置き換えた後輩たちとタイムを比較すると、差は $0.02[s]$ 程だった。最終順位は、北信越大会 10 位で、全国大会の出場権を手にすることができたが、目標の $4.2[m/s]$ には全く届かなく、悔しかった。そして現役最後の大会である全国大会では部の目標としては 16 位入賞、個人の目標として 8 位入賞を目指して大会に臨んだ。初日の予選 3 走はまず安全運転で記録を残してから、そこから徐々にあげていき、最後の 3 走目では、 $16.67[s]$ 、秒速 $4.06[m/s]$ で初日を終えた。そして翌日予選最後の 4 走目、次に決勝トーナメントがあったが、4 走目では、クランクの誤検知によって想定よりも早く曲がってしまって、コースアウトしてしまった。このままだと、トーナメントにいけるのかかなり怪しいラインだったが、なんとかいくことができた。トーナメントは逆走に加えて、想像を超えてくる程のコース変更があった。なんとか対応できるようにしたが、坂のボトムで跳ねて、カーブを曲がれずにコースアウトしてしまった。このときの相手は格上だったが、大会全体の様子とかを見ていると、かなりコースアウト率が高くて、もし完走さえしたら、勝ち上がれるかもしれないと思っていたが、跳ねてしまって、やはり実戦に基づく経験が足りていなかったと思い、悔しかった。最終順位は全国大会ベスト 16 で終わった。タイムは予選の $16.67[s]$ の $4.06[m/s]$ が最も早かった。RA4M1 の真価をうまく引き出せずに大会が終わってしまって、悔しく感じたが、調整のペースを整えることができたから、恐らくマシンの特にハード関係をキッチリ詰めることができれば、去年の北信越大会を超えるマシンが生み出せるかもしれないと、後輩の北信越、1 月末の大会を見ていて感じた。

[村田 嵩]

I2C 通信 LCD とスイッチアナログ入力を活用したモード切替基板の開発を行ってからは LCD に文字が表示されなかったり、基板のデザインがうまくいかずおかしい形になってし

まったり、配線作業の際にはジャンパー線が多くなってしまったりと苦しい場面がいくつもあった。しかし、大会までに完成させることができ北信越地区大会を勝ち進み全国大会でベスト16まで勝ち進むことができた。一つの目標であった新基板でマシンを動かし完走させるという目標が果たせてうれしく思った。2年間活動してきた中で、今回の研究は初めての試みであり慣れていないところが多く繰り返しミスをしてしまったが最終的には満足のいく新基板が作成でき、従来のLCDと操作方法があまり変わらないものが作れたので今後の活動にも大いに役立つのではないかと考えた

5. 活動を通して

[佃 洸希]

今回 RA4M1 を使用し、基板の置き換えから、新しいプログラムの置き換えなどを進めていったが、3年に上がる時は、すべて自分一人でやろうと考えていて、顧問の先生方に止められたが、今考えてみると、もし仮にこのまま強行したら間違いなく北信越大会に間に合わなかったと思った。そのなかで、基板設計は後輩に任せ、プログラムの方は自分というスタイルで開発を進めていった。全員がゼロから頑張ってくれたおかげで、私は、ロボコン、北信越、全国大会で大会内容によっては悔しいこともあったけど、今年初めて置き換えたマイコンで主要な大会で記録を残すことができたのはうれしかった。そして下諏訪体育館で行われたロボコン in 信州、富山県にある不二越工業高等学校で行われた北信越大会、今回の全国大会はマイコンカーの聖地北海道の登別市にある日本工学院北海道専門学校、これらの大会は現地の工業高校生や先生方、数多の企業の関係者のご尽力のおかげで、大会が開催できることにこの場をお借りして、改めてありがとうございます。

そして私をここまで支えてくださった後輩、OB 先輩方、顧問の先生方、何より家族の皆様、私がきっと成長できると信じてここまで付き合ってください、本当にありがとうございます。もっと上まで行って恩返しをしたいと考えていましたが、やはりいい意味でも悪い意味でも努力は裏切らないし「成せばなる」「成るようにしかならない」ということを痛感しました。そして、私は部活に入部して、色々な人の時間とお金の上に成り立っていたので、これまで関わってくれた方々の感謝の気持ちを忘れずに、今後の人生に生かしていきます。

[村田 嵩]

私は2年間ロボット研究製作部マイコンカー班の部員として、タイムの向上、大会で優秀な成績を残すことを目標に日々活動に取り組んできた。しかし、従来の基板であった R8C マイコンの生産終了に伴い新基板である RA マイコンに対応する LCD の開発を担うこととなった。開発は思うようにうまくいかず LCD に文字が表示されないなどの問題が起きてしまったが、問題を修正する際に電子回路などの知識を身に着けることができ、基板開発ということの難しさを知ることができた。またこのような基板を開発できたのは家族、先生方、部員の支えがあったからだと思う。この活動を通して学んだ知識や技術を将来の研究やその後の人生でも生かしていきたい。

6. 参考文献

(1), Kicad Basics for 8.0 —kicad8.0 入門実習テキスト—