

メカトロ教育へのグラフ電卓の利用の試み

A trial to apply the graphing calculator to mechatronics education

川谷 亮治 (Ryoji KAWATANI)*

高田 直人 (Naoto TAKADA)†

キーワード

メカトロ教育, 制御システム, グラフ電卓

Keywords

Mechatronics education, Control system,
Graphing calculator



図 1: Graphing Calculator TI-92PLUS

1 はじめに

グラフ電卓は、数式処理機能を有する高機能電卓であり、中学、高校、高専における数学教育への利用が活発に検討されている¹⁾。このグラフ電卓には 350 を越える関数・命令が標準で搭載されており、筆者の一人により、それらを利用した制御系解析・設計用ライブラリの作成が行われている²⁾。さらに、グラフ電卓とマイコン (H8/3664) を通信ケーブルを用いて接続することにより、それらの間でのデータの送受信を可能とした。これによって、グラフ電卓上で設計した制御器を直接マイコンに渡すことが可能となった³⁾。

グラフ電卓には、専用のデータ収集機 (CBL2, CBR) が用意されており、それらを利用することで、各種センサから情報を取得し、グラフ電卓上の液晶ディスプレイに表示することが容易に行える⁴⁾。一方、H8 や PIC に代表されるように、一つのデバイス内に CPU, ROM, RAM, I/O, A/D 変換など様々な機能を集積化したワンチップマイコン (以下、マイコンと称す) が安価に入手できるようになり、こうしたデバイスの利用が教育界にも急速に普及している。このようなマイコンをグラフ電卓に接続することで、データ収集だけではなく、もっと柔軟に外部機器との情報交換が可能になると考える。本稿では、このような特徴を活かして、グラフ電卓のメカトロ教育への活用の可能性について検討することを目的とする。

2 ハードウェア構成

本稿では、グラフ電卓における最上位機種の一つである TI-92Plus ならびにそれに接続するマイコンとし

*福井大学 工学部 機械工学科 (kawatani@mech.fukui-u.ac.jp)

†長野県駒ヶ根工業高校 電気科

て PIC (PIC16F873) と H8 (H8/3664) を対象とする。これらのマイコンには 10 ビットの分解能をもった A/D 変換器が搭載されており、容易にアナログ電圧の計測が可能である。プログラムに若干の違いが生じるが、どちらを利用してもほぼ同様のことが行える。本稿では、紙面の関係で、主に前者を用いた場合について述べる。

2.1 グラフ電卓とマイコンとの接続

グラフ電卓とマイコンとの接続は、グラフ電卓に付属の通信ケーブルを利用して行う。このケーブルは 2 本の信号線と 1 本のグランド線から構成される。各信号線を、その色から Red と White と呼ぶ。これらを下記に示す簡単な回路を通してマイコンと接続する (<http://d188.ryd.student.liu.se/pichw>)。

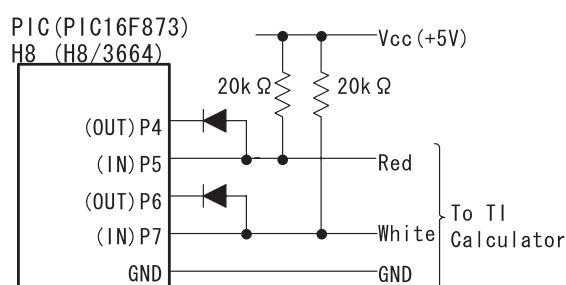


図 2: TI-92Plus とマイコンとの接続

次に通信プロトコルを紹介する。なお、具体例として、グラフ電卓からマイコンへ 1Byte データ (0xC9) を送ることを考える (<http://gladstone.uoregon.edu/~tsinger/link/TI->

83+/hardware.html)。ここで、初期状態では 2 本の信号線が共に High となっていることに注意してもらいたい。また、データは最下位ビットから順にシリアル送信される。したがって、今の例に対しては、最初に 1 が送られることになる。このときのプロトコルは以下のとおりである。

- (1) グラフ電卓 : White → Low
- (2) マイコン : Red → Low
- (3) グラフ電卓 : White → High
- (4) マイコン : Red → High

次のデータは 0 となるが、上記の White を Red , Red を White と読みかえればよい。

以上を合計で 8 回繰り返すことにより 1Byte のデータを送信することができる。図 2 は 0xC9 に対する 2 本の信号線の変化の様子をまとめたものである。

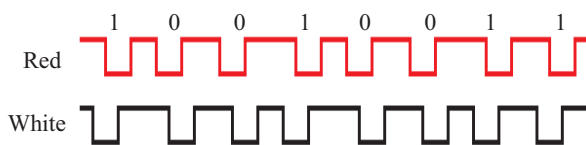


図 3: 通信プロトコル

マイコンからグラフ電卓へのデータの送信も同様に行うことができる。

2.2 マイコン周辺のハードウェア

メカトロ教育を興味深いものにするためには、”身近な科学” を題材として取り上げることが望ましいと考える。ここでは、

- (1) 赤外線リモコン
- (2) 光・温度計測
- (3) 無線玩具の制御

を具体例として取り上げる (各内容については後述する)。実際に製作したマイコンボードの仕様を表 1 に、外観を図 4 に示す。なお、マイコンボード上には、上記以外に LED, スイッチ, 圧電ブザー等が取り付けられている。

表 1: マイコンボードの主な仕様

| I/O 機能 | 機能名称 | 個数 |
|----------|--|----|
| アナログ入力 | 入力電圧 : 0 ~ 5[V] 分解能 10Bit 入力チャンネル数 ch1 : 温度センサ (0~100[], 10[mV/]) ch2 : 光センサ (CdS セル) ch3 : 外部入力 (0~5[V]) | 3 |
| | メカニカル・キースイッチ | 2 |
| | 16 進ロータリースイッチ | 1 |
| デジタル入力 | 赤外線受光モジュール | 1 |
| | 赤外線発光ダイオード | 1 |
| | 圧電ブザー | 1 |
| | モニタ用 LED | 4 |
| デジタル出力 | トランジスタスイッチ | 4 |
| | 無線玩具用 (モニタ LED と兼用) | 4 |
| シリアル I/O | パソコン用 (EIA232) | 1 |
| | グラフ電卓用 | 1 |
| マイコン | PIC16F873 (ROM:4Kword, RAM:192Byte) | 1 |

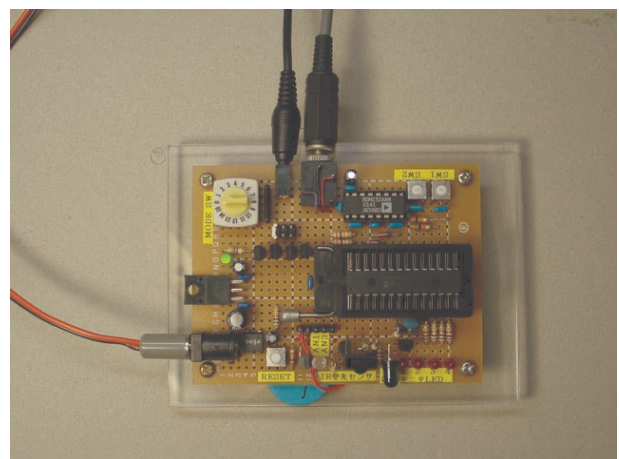


図 4: マイコンボード

3 ソフトウェア

次に、グラフ電卓とマイコン間でデータの送受信を行うために作成した (グラフ電卓上で実行する) 基本プログラムを紹介する。開発は SDK(System Developer's Kit) を利用して行った⁵⁾。これにより C 言語でプログラムを作成することができ、TI-Basic を利用するよりも詳細な記述が可能となる。なお、プログラムの作成ならびにそのコンパイル等の作業はパソコン (Windows) 上でを行い、それをグラフ電卓に転送して利用する形態となる。

ところで、グラフ電卓上では、整数と実数は区別して取り扱われる。また、これらのスカラー以外にこれらから構成される複素数、リストや行列が利用可能である。しかし、外部機器との情報交換を考えた場合、整数もしくは整数からなるリストが主に利用されると考えてよい。SDK の C 言語には、グラフ電卓のシリア

ルポートから n Byte のデータを送受信する組み込み関数が用意されているので、これを利用してグラフ電卓からマイコンへの 1Byte データの送受信ならびにリストの送受信のプログラムを作成した。

マイコン側にもプログラムが必要となるが、1Byte データの送受信が基本となる。そこで、2.1 で述べた通信プロトコルに対応した基本関数を作成し、それを利用している。

4 具体例

それでは、これまでに説明してきたハードウェアならびにソフトウェアを利用したいいくつかの教材例を示す。

4.1 赤外線リモコン

テレビやビデオのリモコンは日常よく使用されるものであるが、必ずしもその動作原理が理解されているというわけではない(もちろん、動作原理を知らなければ使えないというものではない)。そこで、“身近な科学”の一つとしてこれを取り上げる。

赤外線リモコンは、その内部にある赤外線 LED を 38[kHz] の周期で点滅させることを基本としており、それを押されたキーに対応して決められたパターンで下図のようにオン(点滅開始)・オフ(点滅停止)することによって必要な情報をテレビ等に送っている。

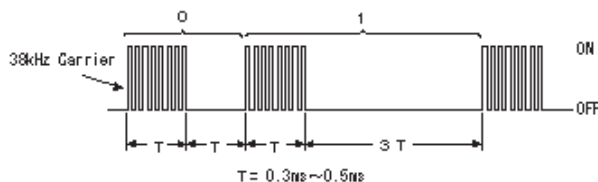


図 5: 赤外線 LED の点滅パターン

そのオン・オフのパターンはメーカーによって異なるため、最初にそのパターンを解析する必要がある。図 6 はマイコンボードに搭載した赤外線送受信回路である。

今回製作したマイコンボード上の赤外線受信器は、赤外線 LED が点滅しているときに High、そうでないときに Low の信号を出力するので、それをマイコンの入力ポートで受けることにより、赤外線リモコンが出しているデータを受信することが可能となる。また、その結果をグラフ電卓に送信し、解析することにより、赤外線リモコンの送信パターンを知ることが可能となる。

たとえば、グラフ電卓のあるキーが押されたときに指定したデータをマイコンに送り込み、マイコン側は受け取ったデータに基づいて対応するパターンで赤外

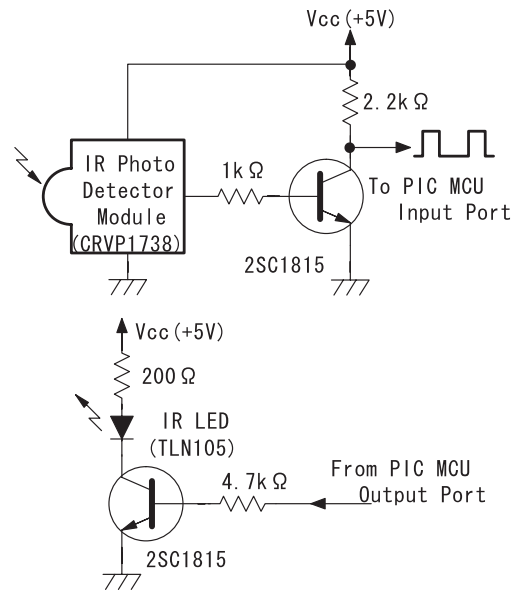


図 6: 赤外線送受信回路

線 LED を点滅させるようにプログラムを作成しておけば、グラフ電卓上からテレビ等を制御することが可能となる。

4.2 光ならびに温度計測

身近な物理量をセンサによって電気的なアナログ量に変換できれば、それを計測することにより種々の応用が可能になる。その一例として、光ならびに温度の計測を取り上げた。図 7 はマイコンボードに搭載したセンサ回路である。

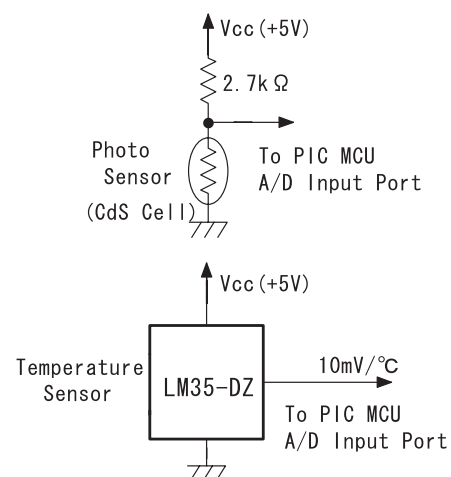


図 7: 光・温度センサ回路

光センサの CdS セルは、照度に応じて電気抵抗が変化する素子である。暗くなると自動的に点灯する夜間用照明のセンサとして利用されている。図 7 の光計測

回路は周囲の照度に対応した電圧を出力するので、マイコンがもつ A/D 変換器を利用することで、その情報を入手できる。

同様に、温度センサを利用すると、現在の温度を電圧値として入手することが可能である。今回使用した温度センサは、摂氏 () 温度に対しリニアに比例する電圧を出力する IC 温度センサであり、0 [] ~ +100 [] までの範囲を 10[mV/] の感度で測定することができる。

実際に計測した例を図 8 に示す。

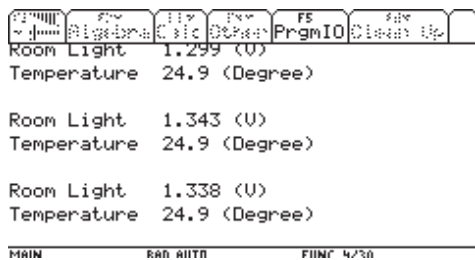


図 8: 計測結果

このように A/D 変換器を理解し、使えるようになると、いろいろなセンサからの情報を入手することが可能となり、データ収集のみならず、グラフ電卓でデータに処理を施し、マイコンに送り返すことによりフィードバック制御にも発展させることができる。

4.3 無線玩具の制御

子供用玩具として、無線で操作可能なものが各種市販されている。ラジコンのいわゆるプロポとは異なり、玩具の場合、コントローラには複数のスイッチが置かれてあるだけであり、それらのオン・オフにより、玩具を動かす場合が多い。このようなスイッチのオン・オフはマイコンの出力ポートに接続したトランジスタを利用して簡単に実現することができる。図 9 は、マイコンボードに搭載した無線玩具制御用のトランジスタ・スイッチである。

グラフ電卓上のいくつかのキーにオン・オフの割り当てを行い、それらが押されたときに、マイコンに情報を送り込み、対応するスイッチをオン・オフさせることによりグラフ電卓上から無線玩具を制御することが可能となる。また、キーから直接ではなく、プログラムから送り込む構成とすることで無線玩具を自動走行させることが可能となる。

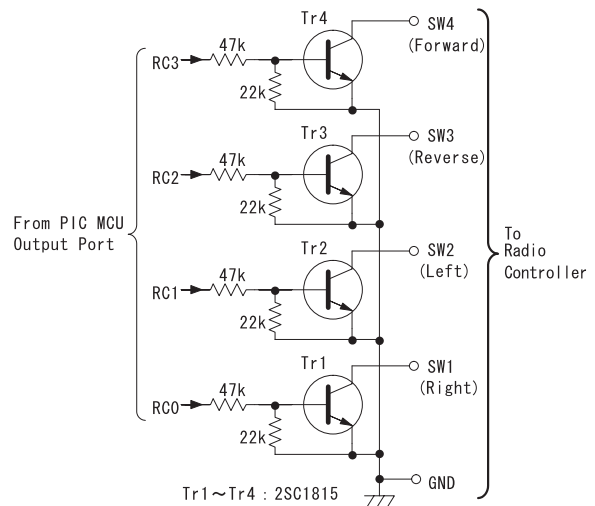


図 9: 無線玩具制御用スイッチング回路

5 おわりに

本稿では、グラフ電卓のメカトロ教育への適用可能性について検討した。特に、グラフ電卓に接続したマイコンを利用することにより、グラフ電卓が持ち得ない機能を備えることができ、身近な物理現象や応用技術について視覚に訴える効果的な教材の製作と柔軟性の高いシステムが構築可能である。今後は、“身近な科学” をキーワードとしてさらに多くの教材を作成するとともに、それらを実際に活用していきたいと考える。

参考文献

- 1) The 6th T³ JAPAN ANNUAL MEETING (2002)
- 2) 川谷, “グラフ電卓 TI-92PLUS を利用した制御系解析設計援用システムの開発”, 日本機械学会北陸信越支部総会・講演会, pp.271-272 (2003)
- 3) 川谷, “グラフ電卓 TI-92PLUS を利用したメカトロ教育”, 日本機械学会ロボメカ講演会 2003 (2003)
- 4) 梅野, “工学教育における数式処理電卓の利用例 - 実データの収集と解析 -”, 平成 14 年度工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp.83-86 (2002)
- 5) TI-89/TI-92 Plus Developer Guide Beta Version .02, Texas Instruments
- 6) 高田, “C による PIC 活用ブック”, 東京電機大学出版局 (2003)