

PIC-GPE と連動した PIC-Monitor の開発†

The Development of PIC-Monitor Interconnected with PIC-GPE

鎮 革*
Ge ZHEN

菊地 章*
Akira KIKUCHI

2012 年度から全面実施となっている中学校技術・家庭（技術分野）では「プログラムによる計測・制御」が扱われているが、これに対応する教材・学習材として PIC-GPE を既に開発している。これを利用すると、GUI 環境でフローチャートを作成でき、PIC 用 C プログラムへの変換や編集ができ、PIC 用にコンパイルでき、さらには PIC への書込を行うことができる。これにより、学習者はアルゴリズムの作成と検証を手軽に行うことができるが、プログラムの動作は PIC そのものに接続している LED やスピーカ等でしか確認することができなかった。本研究では、「プログラムによる計測・制御」の学習を効果的に行うことができるように動作確認環境を改善し、PIC の入出力データをコンピュータへ取り込み、PIC の挙動がコンピュータのモニタ上で確認できる PIC-Monitor を開発した。

キーワード：計測・制御，フローチャート，プログラム，PIC，PIC-GPE，PIC-Monitor

1. はじめに

次代を担う初等中等教育段階からの科学技術関係人材の育成が叫ばれているが^{1),2)}、日本の中学生に対する将来の夢に対するアンケート結果では、近年急成長している他国に比べて IT の分野や発明・技術開発への分野への興味が薄らいでいるとの報告がある³⁾。中学校では、技術・家庭（技術分野）が将来の科学技術を担う人材の育成に寄与できる教科・分野の一つであり、その内容の「プログラムと計測・制御」は現在では「プログラムによる計測・制御」に変更されており⁴⁾、これまでに比べて内容の濃い技術教育を行うことが可能となっている。ただ、中学校技術担当教員にとっては「プログラムによる計測・制御」についての有効な指導方法を模索しているのが現状である。

「プログラムによる計測・制御」については、これまで様々な教材が開発されている。例えば、ロボット学習材の開発と実践⁵⁾、インテリジェントハウス教材の利用

^{6),7)}、計測学習を取り入れたロボット制御学習⁸⁾、自律型ロボット教材⁹⁾、二足歩行ロボット教材¹⁰⁾、人型ロボット教材¹¹⁾等がある。これらの教材を利用すると「プログラムによる計測・制御」の学習を授業の目的に合致させて行うことができるが、教材が高価となるため予算が少ない学校では準備に苦慮することもあり、教材費が少なくてもプログラムの学習とそれによる制御の学習を手軽にできるように安価な PIC を利用した教材開発も行われている^{12)~16)}。

著者らはセンサとアクチュエータを各々の授業で自由に追加できるように PIC 利用の基本部分のみを扱い、アイコンを利用してフローチャートを作成でき、それを C プログラムに変換でき、C プログラムを編集でき、コンパイルでき、PIC に自作プログラムを書き込めるソフトウェアである PIC-GPE (PIC Graphical Programming Environment)¹⁷⁾を開発し、Web で公開¹⁸⁾している。また、これまで中学校での「プログラムによる計測・制御」の学習で利用できるよう普及活動を行うとともに、毎年行っている 20 名から 25 名の中学校技術担当教員を対象とした 5 日間の産業・情報技術等指導者養成研修（中央研修）の研修内容にも含めている。これらの普及活動の際に、PIC-GPE に計測機能を付加してコン

(2013 年 6 月 10 日受付, 2013 年 11 月 16 日受理)

* 鳴門教育大学大学院学校教育研究科

† 2013 年 3 月本学会第 28 回情報分科会(新潟)にて発表

ピュータ（以下 PC と略記）のモニタ上で波形を見えるようにして欲しいとの要望が出ている。また、各学校で準備する固有のセンサ等を含んだハードウェアも使えるように、フローチャートから C プログラムに変換する際に教員が予め作成した処理手順を自動的に組み込むようにして欲しい等の要望もある。

本研究では、まず PIC-GPE のフローチャートから C プログラムへ変換する機能を改善し、変更用ファイルを準備するだけで教師等が作成した特定機能のプログラムを埋め込むことができるようにする。また、PIC へのプログラム書込時のプログラム書込みモードへ移行するためのスイッチ操作を不要とさせる。さらに、これまで PC 側から PIC 側への通信のみが可能となっていたが、計測専用 PIC を追加して PIC 側から PC 側へ追加ドライバソフトウェアが不要な HID (Human Interface Device) 通信ができるソフトウェア PIC-Monitor を開発する。これにより、PC 上で動作する PIC-GPE から USB ケーブルを介して学習者のプログラムを転送して実行する PIC-GPE 用 PIC に全く影響を与えることなく、追加した USB ケーブルを介して PIC-Monitor 用 PIC 側から PC 側へデータを転送して PC のモニタ上で計測データのグラフを表示できるソフトウェア PIC-Monitor を完成させる。さらに、アナログ情報とデジタル情報の PIC-Monitor での表示機能の有効性について検証する。

2. PIC-GPE 用と PIC-Monitor 用 PIC の連動

これまで開発した PIC-GPE¹⁷⁾ では、一つの PIC に学習者が作成したプログラムを書き込んで動作させていた。これまでの PIC-GPE では Bootloader は自作プログラムをダウンロードした後に実行アドレスを自作プログラムの位置に移し、自作プログラムを繰り返す方法を探っていた。Bootloader を双方向にすると、自作プログラム実行中でも常に割り込み処理を行なって HID 通信を監視する必要があり、時間長指定を含む自作プログラムが時間通りに終わらない危険性があった。そのため、PC と PIC を接続する HID 通信は主として一方に限定され、PIC 側から PC 側に高速でデータを送ることができなかった。Bootloader を改良することにより HID の双方向

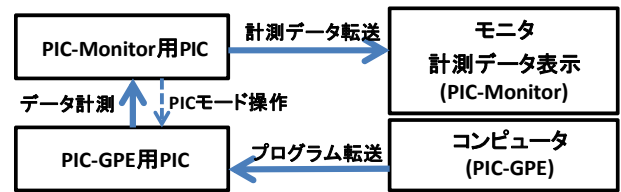


図1 PIC-GPE 用PICとPIC-Monitor 用PICの連動

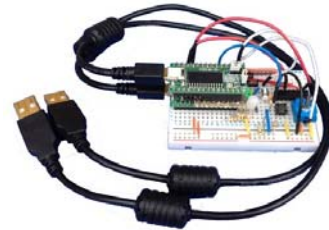


図2 PIC-GPE 用とPIC-Monitor 用のPICの実装

高速通信は可能となるが、その際には PIC の CPU 能力に限界があるため学習者が作成したプログラムをタイミングよく動作させることができなかった。この問題を解決するためにもう一つの PIC を追加し、別系統の HID 通信を確立することにより学習者が作成したプログラムの動作に影響を与えることなく PIC が処理しているデータを PC に転送することを可能とさせた。すなわち、学習者の作成するプログラムを実行するための主として PC 側から PIC 側への HID 通信用 Bootloader を PIC-GPE 用 PIC (プログラム実行用 PIC) に組み込み、主として PIC 側から PC 側へデータ転送するための HID 通信用の Bootloader を PIC-Monitor 用 PIC (計測データ転送用 PIC) に組み込んだ。PIC-GPE 用 PIC と PIC-Monitor 用 PIC の連動の概要を図1に示し、2つの PIC を2段に重ねて実装した回路例を図2に示す。

図1において、PIC-GPE 用 PIC はこれまで開発している Bootloader¹⁷⁾ をそのまま使用しているが、PIC-Monitor 用 PIC の Bootloader は今回新たに開発した。また、これまででは学習者が作成したプログラムを PIC に書き込む際やプログラム実行をリセットするために2つのスイッチを手で操作していたが、これを PIC-Monitor 用 PIC から PIC-GPE 用 PIC の動作モード変換用信号ピンを駆動して、PC 側からの操作で自動的にプログラム書込ができるようにした。なお、2段構成の PIC のみでなく、これまでと同様の1段構成の PIC でも動作できるよ

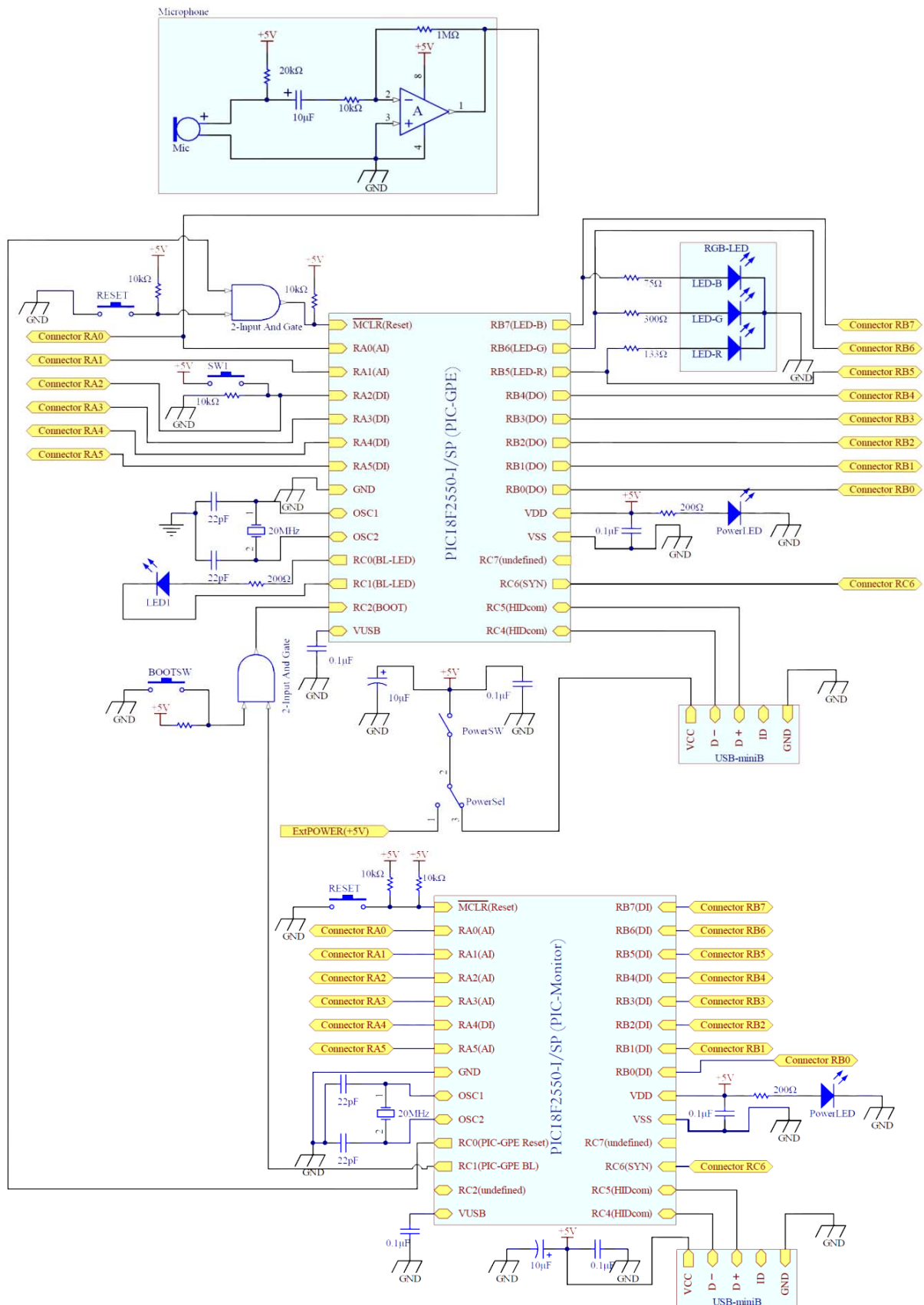


図3 PIC 操作用回路

うにするために、PIC モード切替のための2つのスイッチ操作を利用できる環境は維持している。

3. PIC 操作用回路の構成

図2に示すように、PIC操作のために2つのPICを使用し、2組のUSBケーブル経由のHID通信を使用した。構成した回路図を図3に示す。

図3において、上半分にあるPICはPIC-GPE用PICを意味しており、下半分にあるPICはPIC-Monitor用PICを意味している。上側のPIC-GPE用PICはこれまでと同様にResetとBootloaderのモード切替用端子を使用しているが、下側のPIC-Monitor用PICは自作プログラムを書き込む必要がないためReset端子のみ使用している。また、図の一番上の部分は、アナログ信号計測のための音声入力回路を示している。アナログ信号についてはセンサが変われば回路を変更することによって対応できる。今回の音声入力回路に使用したオペアンプはLM358Nであるが、単電源のレール・ツー・レールオペアンプであれば他のオペアンプで代用してもよい。

今回使用している PIC 18F2550 には、入出力ポートとして RA0~RA5, RB0~RB7, RC0~RC2, RC4~RC7 が備わっている。PIC-GPE 用 PIC では、RA0 と RA1 をアナログ信号 (A-D) に、RA2~RA5 をデジタル入

力 (DI) に、RB0～RB7 をデジタル出力 (DO) に割り当てている。また、RC0～RC6 を各種制御用に割り当てている。

PIC-Monitor 用 PIC の機能として 2 種類ある。一つは PIC-GPE 用 PIC のデータを吸い上げることであり、他は Reset と Bootloader のモードにするために PIC-GPE 用 PIC を制御することである。前述のように PIC-GPE 用 PIC は RA ポートと RB ポートを自作プログラムで操作するため、これらの端子全てを全て PIC-Monitor 用 PIC に直結し、入力モードに設定して PIC-GPE 用 PIC の挙動を計測した。この常時計測したデータを PC に送信する。また、PIC-GPE 用 PIC を制御するために、図 3 の上側の PIC-GPE 用 PIC の 1 番ピンの $\overline{\text{MCLR}}$ と 13 番ピンの RC2(BOOT)の入口に AND 回路を付加し、従来のスイッチ操作で制御可能としながら PIC-Monitor 用 PIC からの入れ子パルスの DO 出力でも制御可能とした。

4. PIC-GPE の改良

教員研修等で要望のあった事項に対してこれまでの PIC-GPE を改良した。図 4 に改良した PIC-GPE を示す。改良点は、言語環境保存機能、自動更新機能、プログラムパッチ機能、PIC モード自動変換機能の 4 つと後述の PIC-Monitor 機能である。

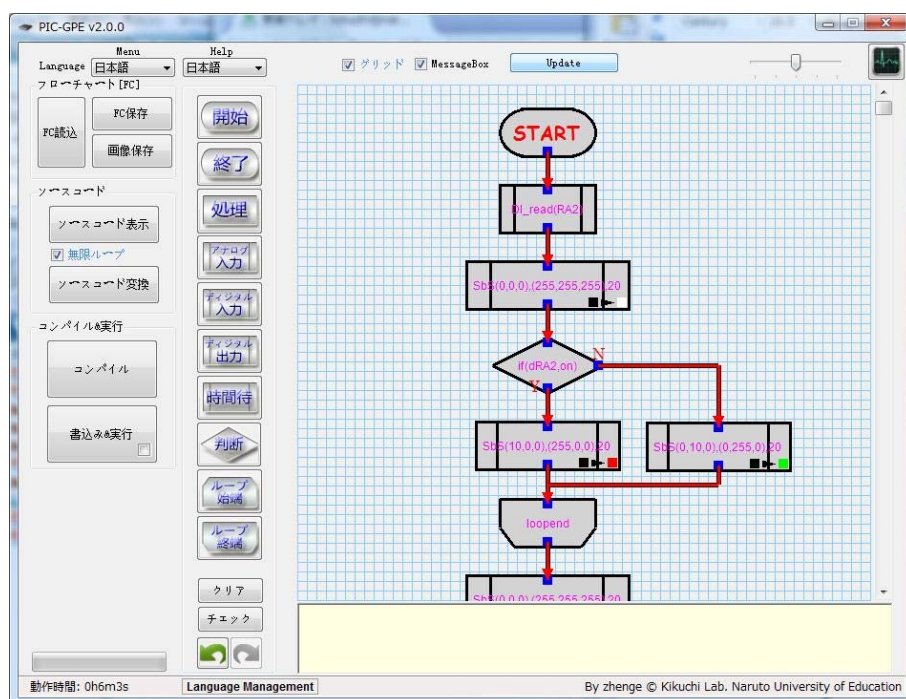


図 4 PIC-GPE 動作画面

言語環境保存機能として、帰国子女対応のための各国言語表現継続利用機能を追加した。これまでは、起動後の言語として OS で使用している言語を PIC-GPE 表示用の標準言語として設定していた。操作中に使用している言語を config.xml ファイルに保存し、次回起動時にはこのファイルを読み込んで前回使用した言語と同じになるようにした。

自動更新機能として、Web にアクセスして PIC-GPE が最新版かどうか確認するようにした。図 3 の上部にあるように [UPDATE] の部分を押すと、オフィシャルウェブサイトからソフトウェアの自動アップデートをするかどうかを選択できるようにした。

プログラムパッチ機能として、UNIX 系 Patch と同様に、特定プログラムを自動で埋め込む機能を追加した。例えば、PIC-GPE では基本的なアナログ入力ピンは RA0 と RA1 の 2 ピンに限定しているが、アナログ入力を 3 ピン使用したい場合には C 言語プログラムの先頭定義部分を編集段階で修正する必要がある。教室内の全生徒が個別に細かい作業を行うことは意味がないため、予め diff.dat を該当フォルダに保存しておいて自動で Patch を機能させ、フローチャートから C プログラムへ変換する際に PIC 環境設定等のプログラム部分を自動変更できるようにした。

最後に、PIC モード自動変換機能として、PIC-Monitor 用 PIC から PIC-GPE 用 PIC を制御し、作成したプログラムを PIC-GPE 用 PIC に書き込む際に PIC モード変換のための手動スイッチ操作をしなくても書き込みがマウスクリックのみでできるようにした。

以上の改善により、PIC-GPE の操作性を格段に向上させた。

5. PIC-Monitor の開発

PIC-GPE 用 PIC の上に PIC-Monitor 用 PIC を上から被せることにより、PIC-GPE 用 PIC が扱っているデータを PC のモニタ上にグラフ化できるようにした。

5.1 PIC-Monitor の概要

図 5 は、図 4 の PIC-GPE の右上にある波形のアイコンをクリックすると起動するソフトウェア PIC-Monitor の上部部分である。このソフトウェアでは、PIC-GPE でプログラム操作可能な RA0～RA5 ならびに RB0～RB7 の最大 14 ピンのデータを計測・表示できるようにしている。最大 1kHz のサンプリング間隔で、最大 50 分の計測データの保存が可能である。音声波形を高度に分析するための 20kHz のサンプリング間隔での詳細測定は PIC の性能から無理であるが、中学校等で扱う周波数帯の計測には十分な性能となっている。また、中学校での学習ではスイッチのオン・オフのようにプラス側の電圧の測定を行うことが多いため、A-D 変換は正電圧計測のみのユニポーラ型として設定している。これについては前述のプログラムパッチ機能で自由に変更可能である。

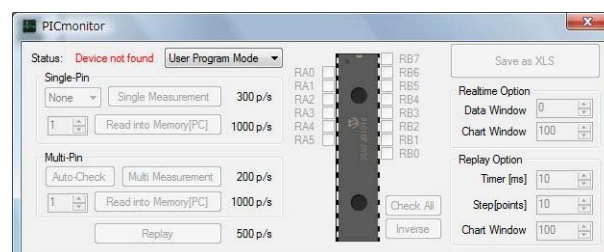


図 5 PIC-Monitor の操作パネル

図 6 は PIC-Monitor の操作手順を示しており、単一ピンでの計測か複数ピンでの計測かの設定、使用ピンの手

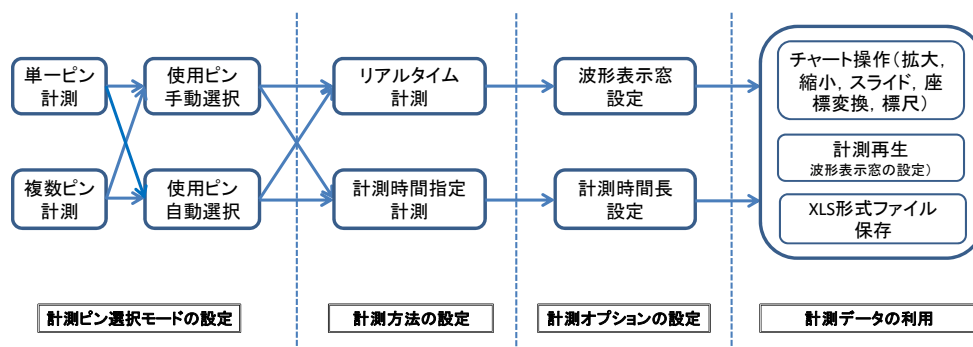


図 6 PIC-Monitor 操作手順

動選択か自動選択かの設定、実時間計測か時間長指定計測かの選択等の流れで利用するようにしている。

5.2 PIC-Monitor 用 Bootloader の開発

図 2 の上から被せた上段の PIC-Monitor 用 PIC には、PC 側から PIC 側への通信を主体とする Bootloader を組み込む必要がある。すでに開発している PIC-GPE 用 PIC の Bootloader の開発では、HIDmon-2550¹⁹⁾ ならびに PIC-BOOT²⁰⁾ を参考としたが、今回の PIC-Monitor 用 PIC の Bootloader 開発では、PIC18F2550 USB HID Oscilloscope²¹⁾ を参考とした。ただ、Microchip 社の MPLAB C コンパイラでは開発に時間がかかるため、対応が難しかった。そのため、有料ではあるが短期間で開発できる CCS (Custom Computer Services) 社のライブラリーと CCS C コンパイラを使用した。

Bootloader には次の機能を含ませた。すなわち、PC 側から停止信号を受けるまで無限回繰り返すアナログ信号読込機能 `usbReadADC` とデジタル信号読込機能 `usbReadPins`、計測時間指定によるアナログ信号読込機能 `usbReadADCnTimesS`、計測時間指定によるデジタル信号読込機能 `usbReadPinsnTimesS`、PIC-Monitor と連動した PIC のピン全体の計測機能 `usbPICGPE`、計測時間長指定での PIC の全ピン計測機能 `usbPICGPE nTimesS`、PIC-GPE 用 PIC の Bootloader への切替のための入れ子型モード切替波形出力機能 `usbWritePin` である。

計測時間長指定での計測機能は PIC-Monitor による特定時間長の計測に適しており、無限回の計測は PIC-Monitor による実時間計測に適している。ただし、転送データ量を圧縮するために、PIC の 10 ビット A-D 変換データは上位 8 ビットのみ転送するようにした。

PIC-GPE 用 PIC の Bootloader は主として PC 側から PIC へのプログラム転送を HID 通信で処理していたが、PIC-Monitor 用 PIC の Bootloader は PC 側からの指示を受けて、必要な計測情報を PC に HID 通信で送信するようにしている。このように、2 つの PIC には目的に応じた別々の Bootloader を組み込んでいる。

5.3 PIC-Monitor の GUI

図 5 に示すように、PIC-Monitor にはピン指定の機能

を備えており、PIC-GPE で使用しているピンの情報を検出して自動設定できるようにしている。また、誤操作防止のために、使っていない PIC のピンのチェックを自動的に外すようにした。

単一ピンと複数ピンの実時間計測機能と時間長指定計測機能を備え、さらに実時間計測するための画面表示のための ChartWindow とデータ記憶のためのソフトウェア上での DataWindow の各々の表示可能データ数の大きさの調整機能も付加した。再生機能は、PC のメモリ上に保存した計測データを再生描画する機能である。再生機能では Timer, Step, ChartWindow の大きさの選択肢を付けて、PC によるモニタ表示サイズの違いを吸収した。また、計測と再生する時に描画スピードを実時間で計算して表示するようにした。計測と再生のメニューに移動すると、対応しているパラメータ調整画面を強調して表示するようにした。

PIC-GPE で自作プログラムを作成して PIC に書き込む操作を行う際には、連動して動作している PIC-Monitor の 2 端子出力で、Boot 信号を 0 とした状態で Reset 信号を 1 とする波形を出力して、自動的に PIC-GPE 用 PIC をプログラム書込モードに変更するようにしており、このとき図 5 の PIC の左上にある User Program Mode が Bootloader Mode へ自動的に移行するようにしている。これにより、従来は Boot ボタンを押しながら Reset ボタンを押して離す作業をしなければ自作プログラムが PIC へ書き込まれなかったが、今回の改良により手動でスイッチを押さなくても新たな自作プログラムを PIC へ自動で書き込むことが可能となった。

5.4 実時間計測のための高速化

PIC-Monitor の開発初期では、実時間計測機能を作る際に PIC から PC へ計測データを 1 回ずつ発信・受信する方法を採用したが、PC 上での描画時の速度が非常に遅いため、図 7 のように改善した。すなわち、PC 側から計測開始信号を送信し、それ以後は PIC 側からの計測データを繰り返し受信する方法とした。また、図 7 の一番下に示すように、停止信号を一度送信してデータ転送を止める方法とした。

ソフトウェア開発環境としては .NET Framework を使用しているが、そのモードには CPU のハードウェアに近

い部分から KernelMode, UserMode (UnmanagedCode), UserMode (ManagedCode)がある。通常の開発ではプログラミングが楽な UserMode (ManagedCode)を使用するが、今回は高速性を追求するために UserMode (UnmanagedCode)でマルチスレッドのプログラミングを行った。例えば、PIC-Monitor で、一つのスレッドは計測データをメモリに保存し、他のスレッドはメモリに保存したデータ量が描画に必要なデータ量より多くなったことを検知して計測データを読み込んでモニタに描画するようにした。また、描画データが増えれば作図スピードが遅くなるため、Data Window を作り、実時間計測するには最大 300 万個保存できるデータ数を千個の整数倍を指定してデータを記憶するようにした。これらの方法を採用したことにより、初期の方法より約 12 倍速く描画できるようになった。

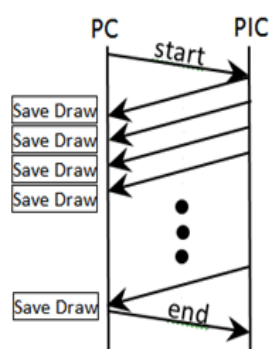


図 7 実時間計測

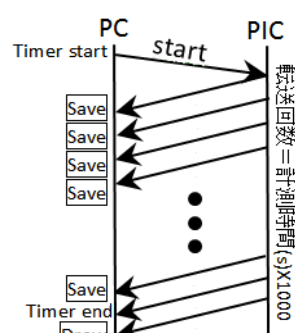


図 8 時間長指定計測

計測データにはアナログ情報とデジタル情報がある。今回扱っているPIC-GPEはRA0, RA1がアナログ入力, RA2~RA5がデジタル入力, RB0~RB7がデジタル出力として利用している。前述のようにdiff.datでプログラムのアナログポート数を増加できるように改良しているため、PIC-GPEの入力データをPIC-Monitorで観測するにはRA0~RA5を全てアナログ情報として扱いたい。ただ、PICの制約からRA4のみはデジタル情報固定のため、結果としてRA0~RA3とRA5をアナログ情報としてPIC-Monitorで観測し、RA4のみデジタル情報として観測した。このソフトウェアとしてusbReadADCを作成した。一方、PIC-GPEのRB0~RB7はデジタル出力として固定しているため、これらのデータを観測するソフトウェアusbReadPinsは全てデジタル情報計測とした。これらRA0~RA5ならびにRB0~RB7を表示する際には、時刻

合わせを行なって同じ軸上で表示できるようにした。

複数ピンの同時計測の場合は、usbPICGPE を作成して、全部のピンの計測値を PC 側に一括転送した後に、選択しているピン情報のみ表示と保存することとした。なお、PIC-Monitor のアナログ情報の計測では、A-D 変換終了フラグの RC6 が 1 になる時に計測するようにしている。

5.5 時間長指定計測

時間長指定計測では、PIC-Monitor で計測時間を予め設定する必要がある。時間長指定計測は、図 8 のように PC のメモリの中に計測データを保存し、指定時間が経ったら一回で全体のデータを描画する。このとき、PIC は 1 秒間に 1000 回のデータを計測し、PC 上で設定した計測長 (秒単位で設定) のデータのみを転送するようにしている。指定時間経過後のモード切替では、ファームウェア上でデータ転送が終わっていない可能性があるため、利用 PC の能力に合わせることができるよう、1 秒から 255 秒まで待つ時間を指定できるようにした。単一ピン使用の時間長指定計測のために usbReadADCnTimesS と usbReadPinTimesS を作成し、複数ピン使用のために usbPICGPEnTimesS を作成しており、選択したピンの情報だけ表示と保存を行うようにしている。

5.6 描画・再生機能と XLS 形式ファイル保存機能

PIC-Monitor を利用したアナログ情報とデジタル情報の計測波形を図 9 と図 10 に示す。ここでの描画機能は、MS Chart コントロール²²⁾を利用した。実時間計測の場合は 1 秒間に 700 個のデータを転送し、表示の際には 2 個に 1 点のリアルタイム描画とした。保存の際には全てのデータを保存できる。時間長計測の場合は、1 秒間に 1000 個のデータを指定時間長計測して転送後に描画した。なお、複数ピン使用の場合は色分けして描画する。描画後に、グラフィックス上で選択したピンの情報を表示するとともに、必要な情報の選択と強調ができるようにした。また、図 9 と図 10 の計測波形表示部分の右上の水平ラインを動かして波形の該当する縦軸の電圧値を調べることもできるようにした。横軸の単位は秒表示とデータ番号表示を切り替えることができるようにしている。また、計測データの再生機能も付加している。

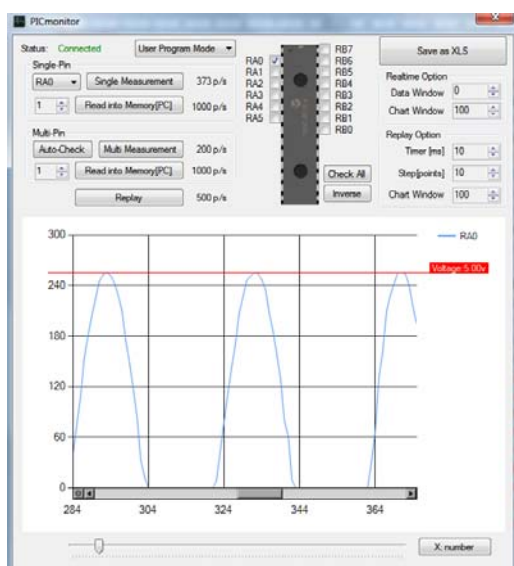


図9 アナログ計測情報のモニタ出力

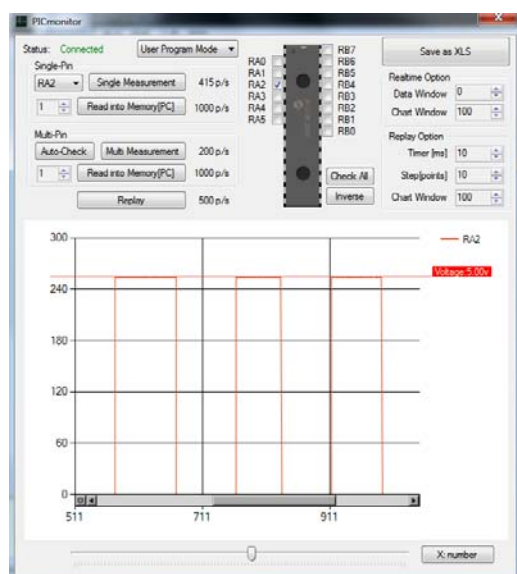


図10 デジタル計測情報のモニタ出力

モニタ表示のみでは後々のデータ加工ができないため、計測情報を XLS 形式ファイルとしてディスク上に保存する機能も加えた。XLS ファイルは、アナログデータ値の PIC-GPE_RA とデジタルデータ値の PIC-GPE_RB の2つシートに分けた。これにより、アナログとデジタルの違いが理解でき易いようにした。

6. おわりに

これまで開発していた PIC-GPE を改良するとともに、

PC のモニタ上でデータを描画でき、XLS ファイルに保存してレポート作成にも利用できる環境に改善した。これにより、中学校での「プログラムによる計測・制御」の学習がより深化することを期待したい。

参考文献

- 1) 内閣府：第4期科学技術基本計画，平成23年8月19日閣議決定，<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihon/keikaku/kihon4.html>
- 2) 文部科学省：平成24年版科学技術白書，http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa201201/detail/1322685.htm
- 3) 日本青少年研究所：中学生の生活と意識に関する調査報告書，<http://essrc.hyogo-u.ac.jp/jedi/handle/10479/JEDI.119> (2002)
- 4) 文部科学省：学習指導要領技術・家庭，http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/gika.htm
- 5) 伊藤陽介・森誉範・菊地章・他1名：「プログラムと計測・制御」のためのロボット学習材の開発と実践，日本産業技術教育学会誌，第49巻，第3号，pp.213-221 (2007)
- 6) 菊地：「3 プログラムによる計測・制御」，新技術科教育総論，日本産業技術教育学会技術教育分科会，pp.168-172 (2009)
- 7) 森慎之助・山本透：融合教材“インテリジェントハウス”を使用したプログラムと計測・制御学習，日本産業技術教育学会誌，第49巻，第4号，pp.323-330 (2007)
- 8) 紅林秀治・室伏春樹・樋口大輔・他1名：計測学習を取り入れたロボット制御教材の開発，日本産業技術教育学会誌，第52巻，第3号，pp.159-167 (2010)
- 9) 井戸坂幸男・久野靖・兼宗進：自律型ロボット教材の評価と授業，日本産業技術教育学会誌，第53巻，第1号，pp.9-16 (2011)
- 10) 川田浩誉・伊藤陽介：中学校における二足歩行を題材としたロボット制御学習の構築と評価，日本産業技術教育学会誌，第54巻，第2号，pp.69-77 (2012)
- 11) 紅林秀治・高山大輝・樋口大輔・他3名：16 自由度

- 人型ロボット教材の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第 55 巻, 第 1 号, p. 55-34 (2013)
- 12) 吉田昌春・小原光博・濱田友里: PIC を用いた太陽光発電教材, 日本産業技術教育学会誌, pp.273-278 (2007)
- 13) 工藤雄司, 平田晴路, 入江隆: PIC マイコンを用いた 2 進数-10・16 進数変換教具の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第 51 巻, 第 3 号, pp.187-194 (2009)
- 14) 宮崎英一・坂井聡: PIC を用いた障害者支援用仮想 HID の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第 52 巻, 第 2 号, pp.129-136 (2010)
- 15) 樋口大輔・紅林秀治: コンピュータによる計測・制御学習のための汎用計測・制御基板の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第 53 巻, 第 3 号, pp.169-178 (2011)
- 16) 道法浩孝: HID クラスを用いたパソコン USB 計測・制御教材の開発, 日本産業技術教育学会第 55 回全国大会 (旭川) 講演要旨集, D2-2 (2012)
- 17) 菊地章, 鎮革: プログラムによる計測・制御学習のための GUI プログラミング環境の構築, 日本産業技術教育学会誌, 第 54 巻, 第 2 号, p. 59-67 (2012)
- 18) PIC-GPE Website: <http://www.naruto-u.ac.jp/facultystaff/kikuchi/pic/PIC-GPE/>
- 19) HIDmon-2550: <http://hp.vector.co.jp/authors/VA000177/html/HIDmon-2550.html>
- 20) USB PIC Bootloader PIC-BOOT: <http://www.diolan.com/pic/bootloader.html>
- 21) PIC18F2550 USB HID Oscilloscope: <http://semifluid.com/2006/03/27/pic18f2550-usb-hid-oscilloscope/>
- 22) MSDN MSChart: [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/3ks53324\(v=vs.71\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/3ks53324(v=vs.71).aspx)
- 16) 道法浩孝: HID クラスを用いたパソコン USB 計

Abstract

The teaching/learning material PIC-GPE, Graphical Programming Environment for PIC, to utilize in the learning of “Measurement and Control by Programming” has already been developed. The PIC-GPE enabled us to draw a flowchart using GUI, to convert a flowchart to a C program, to edit the program, to compile the program, and to write the program on PIC. However, there is a disadvantage that we found regarding PIC behavior only by the LED or speaker. In order to improve the PIC-GPE, we developed new PIC-Monitoring software which utilizes functions for the transportation of the measurement data from the PIC to PC, and hence drawing the data on the PC monitor, which enabled the effective learning of “Measurement and Control by Programming”.

Key words: Measurement and control, Flowchart, Program, PIC, PIC-GPE, PIC-Monitor

