

GAINER:メディア・アーティストのための再構成可能な I/O モジュール

原田克彦 小林茂

IAMAS (情報科学芸術大学院大学、岐阜県立国際情報科学芸術アカデミー)

概要

PC と外部のセンサやアクチュエータを接続する I/O インタフェースモジュールは、既にさまざまなものが存在している。本稿では、開発した I/O モジュール gainer について説明する。gainer では、デジタル/アナログ混載マイコン PSoC を使用することにより、機能の再構成が可能(リコンフィギャブル)となっている。また、プログラマブル・ゲイン・アンプ(PGA)による使用者のユーザビリティ向上も期待できる。これらがもたらす使用部品数の減少や低価格でのキット化は、教育用途向けの使用として優位性を発揮できる。一例として gainer を使用したワークショップについて報告する。

gainer: A Reconfigurable I/O Module for Media Artists

Katsuhiko Harada and Shigeru Kobayashi

IAMAS (Institute of Advanced Media Arts and Sciences, International Academy of Media Arts and Sciences)

Abstract

There have been various number of so-called "I/O interface" modules, which can connect between PC and outside sensors/actuators. We report improvement of usability, using our new developed one "gainer", which has reconfigurability and programmable gain amplifier. PSoC, a monolithic analog/digital mixed signal processor enable us implementing these features into one chip. Moreover, our device takes advantage in educational field, because of both decreasing the number of components, and low price resulting from distributing as a kit form. We also report the workshop using "gainer".

1. はじめに

電子技術に長けていないユーザでも容易に使用することができる I/O インターフェイスモジュールは、これまで数多く存在し、各種のライブラリなどの利用環境も整備されている。例としては、I-Cube X (Infusion System Ltd.) [1]、Teleo(Makingthings LLC) [2]、Phidgets(Phidgets Inc.) [3]、Teabox[4] などがある。しかし、これら既存の I/O モジュール製品の問題点として以下の点がある。

- 使用用途に合致した製品がなかなか見つからない
- アーティストやユーザの突発的な発想に対して、I/O ポートの構成が固定で柔軟に対応できない
- 過大入力等によって部品を破壊した場合などのリペアに手間とお金がかかる (特に海外製品の場合)
- I/O モジュール自体の価格も高価

これらの問題に対して、gainer では、Cypress Micro Systems 社製のデジタル/アナログ混載マイコン PSoC[5]の搭載で可能となったリコンフィギュラブル機能を利用することで、従来のモジュールでは固定であった I/O ポートの構成を、使用用途に合うものに再構成できる仕様とした。また、PSoC を使うことで、周辺部品を少なくすることができ、使用者が自ら製作できるようになった。このことにより、コストを削減できるとともに、リペアも容易に行えるようになった。また、gainer は、USB バスパワーで動作し、初心者でも使い易いようにブレッドボードと組み合わせて使用できるように設計されているのも特徴である。

本稿で対象とした「メディア・アーティスト」は広域に捉えている。学生も含め、メディア・テクノロジーを使用し表現や制作をしたいと考えている人に対して、パーソナル・コンピュータと外部をストレスなくつなげられる環境を整えることを目標とした。最後に、gainer を教育用途として扱った場合の一例として、IAMAS で行ったワークショップについて報告する。

2. gainer について

2.1 gainer の特徴

gainer は IAMAS のプログラマブル・デバイス・プロジェクト[6]で開発した I/O モジュールであり、以下の様な特徴を持っている。続けて gainer の外観を図 1 に示す。

- 使用者が自分で部品を集めて組み立てることにより、低価格化を実現するとともに、組み立てながら理解を深めることができる。
- Cycling'74 社 Max/MSP/Jitter[7]、Processing [8]などのアプリケーションから利用できる。また、Windows XP と Mac OS X の両プラットフォームをサポートしている。

- USB バスパワーで駆動できる。
- ブレッドボードと組み合わせて様々な実験を気軽に行うことができる。
- 可変ゲインアンプを内蔵しており、出力電圧の小さなセンサなどの信号も、オペアンプなどを外付けすることなく扱うことができる。

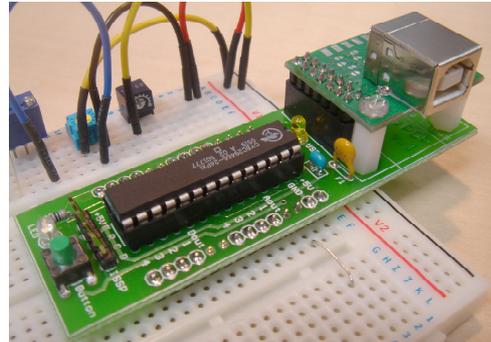


図 1 gainer の外観

2.2 gainer のシステム構成

gainer は、PSoC を搭載したメインボードとストロベリーリナックス社の USB⇄シリアル変換モジュール CP2102[9]から構成される。USB 関連は CP2102 モジュールで、それ以外の処理を PSoC マイコンで行うことにより、シンプルな回路構成を実現した。図 2 に gainer のパターン図と基板を、図 3 に回路図を示す。

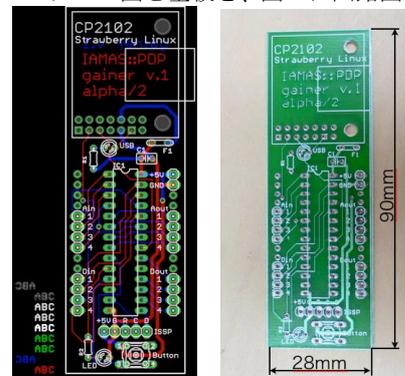


図 2 gainer のパターン図と基板

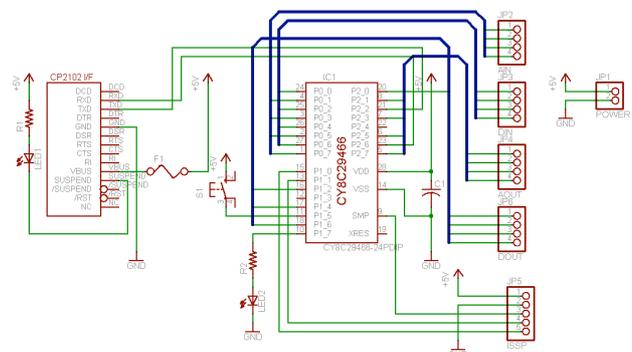


図 3 gainer の回路図

使用部品を以下に示す。

- gainer ボード(gainer のプリント基板)
- PSoC マイコン (CY8C29466-24PXI)
- USB ⇄シリアル変換モジュール (CP2102)
- 積層セラミックコンデンサ (0.1μF)
- 抵抗器 (330Ω×2) • LED()
- タクトスイッチ • ボリスイッチ
- ICソケット • 連結ピン
- ピンソケット • スペーサ&ネジ

2.3 gainerの入出力

gainerの入出力ポートは初期設定(C1)で、それぞれ4つのデジタル出力、アナログ出力(PWM)、デジタル入力、アナログ入力(A/D)を備えている。

(1) デジタル出力 Dout

デジタル出力は、プルアップ抵抗付きオープン・ドレイン('0': "L" 出力、'1': 抵抗プルアップ)である。

(2) アナログ出力 Aout

アナログ出力は、0-5Vを0から255までの256段階で指定し出力できる。出力方式はPWM(Pulse Width Modulation)である。PWMをアナログ出力として使用する以外に、本来の「パルス幅が変化するデジタル信号」としての制御を利用する方法も想定し、R/Cサーボなどで使用されることが多い20ms周期のPWMにすることにした。

(3) デジタル入力 Din

デジタル入力は、PSoCの内部で5.6kΩでプルダウンされている。

(4) アナログ入力 Ain

アナログ入力は、0-5Vを8bit分解能でA/D変換する。アナログ入力共通でゲインの設定を行うことができる。これはプログラマブル・ゲイン・アンプにて説明する。

2.4 gainer の機能

(1) gainer のコマンド・プロトコル

gainer と PC 間の接続条件は 38400bps、パリティなし、データ 8bit、ストップビット 1bit である。コマンド中の "x" は、一文字の十六進数文字 (0-9, ABCDEF) で、1ニブル(4ビット)に対応。送信されたコマンドは、"*"を受け取った時点で一つずつ実行される。送信されたコマンドに無効な文字が含まれていた場合やI/Oの構成とコマンドが一致しない場合には"!*"が返される。すべてASCII文字で、数字は十六進数文字のASCII CODEで送る。以下にコマンドの一例を示す。

【Input/Output】

コマンド	結果	意味
"Dxx"	"Dxx*"	全chデジタル出力
"Hx"	"Hx*"	1chデジタル出力 H
"Lx"	"Lx*"	1chデジタル出力 L
"R"	"Rxx*"	全chデジタル入力
"r"	"rxx*rxx*..."	全chデジタル入力連続
"E"	"E*"	全chデジタル入力終了
"Axx.....xx"	"A*"	全chアナログ出力
"axxx"	"axxx*"	1chアナログ出力
"I"	"Ixx.....xx*"	全chアナログ入力
"i"	"ixx.....xx*ixx.....xx*..."	全chアナログ入力連続
"E"	"E*"	全chアナログ入力終了
"Sx"	"Sxx*"	1chアナログ入力
"sx"	"sxxsxxsxx..."	1chアナログ入力連続
"E"	"E*"	1chアナログ入力終了

(2) リコンフィギャブル

gainer の初期設定の I/O ポートの構成は、各 4 つのデジタル出力、アナログ出力、デジタル入力、アナログ入力である。PSoC の動的再構成機能 (dynamic reconfig) を使用することにより、I/O ポートの構成をコマンドで以下の 5 種類に変更することができる。

表 1 I/O ポートの構成

C1	:	Dout 4,	Aout 4,	Din 4,	Ain 4
C2	:	Dout -,	Aout 8,	Din 4,	Ain 4
C3	:	Dout 4,	Aout 4,	Din -,	Ain 8
C4	:	Dout 16,	Aout -,	Din -,	Ain -
C5	:	Dout -,	Aout -,	Din 16,	Ain -

(3) プログラマブル・ゲイン・アンプ(PGA)

入力の变化幅が小さいものをより高い分解能で扱いたい場合には、アナログ可変ゲインアンプにより増幅することができる。アナログ入力 4 ポート共通での設定で、16 段階(倍率は 1 倍から 48 倍)で設定することができる。また、増幅する際の基準点を Vss (0V) と AGND (2.5V) から選択することができる。例として Max でのプログラマブル・ゲイン・アンプの設定画面を図 4 に示す。

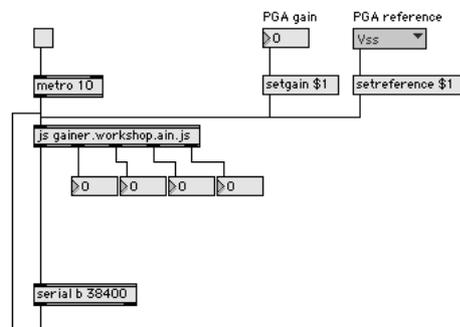


図 4 Max での PGA 設定画面

2.5 gainer のソフトウェア・ライブラリ

現段階で、gainer のソフトウェア・ライブラリは、Max/MSP 用と Processing 用を用意している。Processing では、Gainer クラスに analogOutput() などのメソッドが 18 個用意されている。

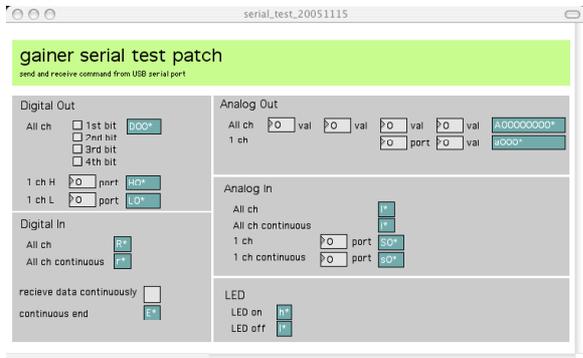


図 5 Max での gainer シリアル テスト パッチ



図 6 Processing のライブラリ

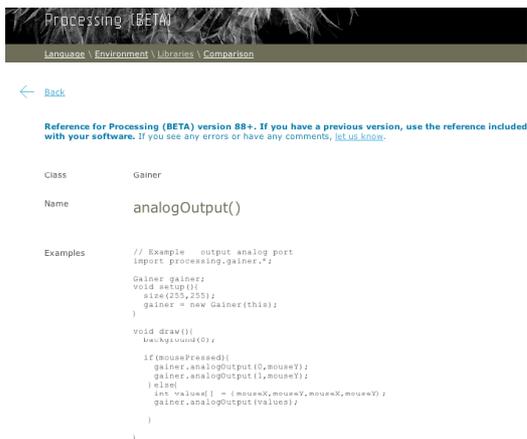


図 6 Processing 用のライブラリ・リファレンス

3. DSP ワークショップの報告

gainer を実際に使用した例として、IAMAS DSP コースにてフィジカル・コンピューティングと題してワークショップを行った。日程を以下に示す (各 3 時間)。

- 11/07 電子工作の基礎レクチャー、実習、材料の発注
- 11/10 I/Oボードの組み立て、基本的な動作チェック

11/14 さまざまなデバイスを接続してみる (出力篇)

11/17 さまざまなデバイスを接続してみる (入力篇)

11/21 Maxでの処理の実際

11/24 Processingでの処理の実際&最終課題の説明

11/28 最終課題に関する個別指導など

12/01 最終課題のプラン発表とディスカッション&補足

12/04 最終課題発表

今回参加した学生の中に、電子回路等に慣れている者は少なく、最初のワークショップでは、ブレッドボードの使用法とともに、電気回路の基礎や使用する部品について説明をした。その後、gainer の基板以外の部品は、学生自身が Web などで注文し、購入した。

次に、gainer の組み立てでは、gainer の基板に部品のハンダ付けを行った。作業は 2 時間程度で完了し、その後動作チェックを行った。

gainer 製作後は、Max/MSP、Processing のライブラリの使い方を説明し、代表的なアクチュエータとしてフルカラー LED、R/C サーボモータ、SSR (ソリッド・ステート・リレー) の制御を行った。また、センサとしては、可変抵抗器、光センサ (CdS)、温度センサ、加速度センサなどを紹介した。この時点で、これまでに Max/MSP や Processing に慣れ親しんできた学生などが、ワークショップ中に直感的にセンサからの値やアクチュエータを操る様子を見ることができた。また、gainer の使い方を学習する中で、電子回路がどのようなものなのか、また PC と外部の通信がどのような手段で成り立つかを理解する課程を見ることができた。今回のワークショップでは、最終的に gainer を使用した制作物を発表した。

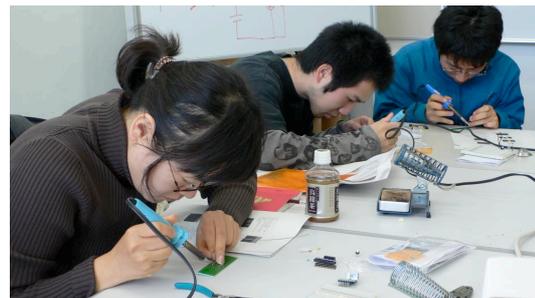


図 7 ワークショップの様子 1



図 8 ワークショップの様子 2

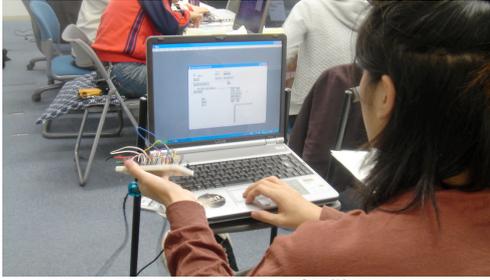


図9 ワークショップの様子3

4. おわりに

gainer の開発は、SourceForge.net[10]を用い、オープンソースで行われている。ファームウェアは、BSDライセンスの元で公開している。同じ様にオープンソースで開発された I/O モジュールとして、Wiring[11]、Arduino[12] などがあり、積極的な開発が行われている。今後は、ライブラリやドキュメントなども同様に公開していく予定である。

また、今回のワークショップでは gainer v.1 を使用したが、参加者などからのフィードバックを受けて、gainer v.2 の仕様を検討したいと考えている。現時点では、以下のようなものを検討中である。

- ワイヤレス通信 (Bluetooth)
- バッテリー駆動
- 複数モジュール間での連携

また、今後は教育用途向けという部分を考慮し、様々なアプリケーションで使用できるよう、ソフトウェア・ライブラリやアプリケーション・ノートを拡充する予定である。

謝辞

gainer のライブラリ開発をして頂いた遠藤孝則氏、大石彰誠氏、ならびに有益な御助言・御指導を頂いた赤松正行氏、小林孝浩氏、また貴重なご意見を頂いた斉田一樹氏、プログラマブル・デバイス・プロジェクトのメンバに深く感謝致します。

参考文献

- [1] <http://infusionsystems.com/>
- [2] <http://www.makingthings.com/>
- [3] S.Greenberg and C.Fitchett: Phidgets: easy development of physical interfaces through physical widgets, Proceedings of UIST'01, pp. 209_218, 2001.
- [4] Jesse T.Alison and Timothy A.Place: Teabox: A Sensor Data Interface System. NIME-05 Proceedings, pp. 56-59, 2005
- [5] <http://www.cypress.com/>
- [6] <http://www.iamas.ac.jp/project/pdp/>
- [7] <http://www.cycling74.com/>
- [8] <http://processing.org/>
- [9] <http://strawberry-linux.com/>
- [10] <http://souceforge.net/>
- [11] <http://wiring.org.co/>
- [12] <http://arduino.berlios.de/>