

USB を活用したデータ収集システムの開発

黒田 正治郎

抄録

今日のパソコンに標準装備されている USB インターフェイスを活用し、独立した 8つの SPI センサーからの情報収集を可能にするシステム (M-Pod CS) を開発した。このシステムの特徴は、同時に 8つの情報を、1つの USB ポートより PC に取得できること、小型軽量、低コストでシステムメンテナンスが容易であることである。

キーワード

マルチポイント、データ収集システム、SPI センサー

The Development of the Multi-Points Data Collection System by USB Interface
Kuroda, Shoziro

Abstract

Using Universal Serial Bus (USB) interface equipped with a standard personal computer (PC), I experimentally devised a Multi-Points Data Collection System (M-Pod CS) which is able to process the information from independent plural eight SPI sensors at the same time by a single USB port to the PC.

Some of the features of the system include : compact, light, low cost and a system that is easy to maintain.

Key Words

multi-points data collection system, electronic data processing system,
SPI sensor, multi-point

目次

§ 1. はじめに

§ 2. M-Pod CS の基本設計

2.1 M-Pod CS 基本仕様

2.2 M-Pod CS 基本設計

§ 3. M-Pod CS の開発

3.1 システムの動作原理

3.2 制御プログラム

3.3 データ変換プログラム

§ 4. まとめ

§ 1. はじめに

パソコン（以降PC）の高性能化と低価格化に伴い、外部機器から物理量を取り込むためのインターフェイスも多種多様に進化している。しかし図1に示すように、測定量をPCに取り込むには、目的とする物理量に対応するセンサーが測定量をアナログ信号として出力したものを、A/Dコンバータによりデジタル化することが多い。そのため、使用するセンサーに適したドライバー回路や接続するPCに応じたインターフェイスが必要になる。

一方、空間的に異なる点からの情報を同時に収集する必要性が増している。例えば、測定量を温度とすれば、時間的に変動するPC内部の温度分布や居住空間の温度分布を調べる場合である。そのためには、独立した複数のセンサーの設置や、複数入力の切り替えが可能なインターフェイスの使用、さらにマルチポイントからの大量のデータを高速で取り込むための並列駆動回路の導入など、ハードウェア的にもソフトウェア的にもシステムが大きく複雑になる。同時に、経費も高額になり、センサー駆動用のアプリケーションなどの開発を含めたシステムメンテナンスも容易ではなくなる。そこで、今日のPCに標準装備され、外部機器と高速でデータ交換が可能なUSB、IEEE、i-Link、Giga LANなどのインターフェイスを活用し、安価で並列データの取り込みが可能なデータ収集システム（Multi Points Data Collection System：以降M-Pod CS）の試作を行った。

§ 2. M-Pod CS の基本設計

2.1 M-Pod CS 基本仕様

汎用性と利便性を考慮し、M-Pod CSの基本仕様を次のように決めた。

- ①複数の観測点からの情報を同時に収集可能
- ②情報収集時のタイムラグを最小化
- ③情報の高速転送
- ④簡単な回路構成とコンパクトな配線
- ⑤可搬性が高く多目的に使用することを想定した小型軽量回路
- ⑥簡便なシステム認識と容易なセットアップ
- ⑦システム変更が容易で高い拡張性
- ⑧安価

2.2 M-Pod CS 基本設計

上記の条件を満たすには、いくつかの問題点がある。まず、システムを中心となるパソコンの入力インターフェイスであるが、RS232C、プリンターポート、USB1.0/2.0、IEEE1593a/b、i-Link、Giga LANなどを利用すれば外部機器との接続によりデータを収集できる⁽¹⁻²⁾。しかし、いずれのインターフェイスを使用しても、センサーからの出力がアナログ値であるため、PCへの情報取り込みにはA/Dコンバータが不可欠である。また、ハードウェアでは、各種センサー、接続ケーブル、PCポートが必要となり、さらにソフトウェアでは、センサー制御用プログラムをはじめとし、A/Dコンバータやインターフェイス用の各制御プログラムが必要になる。

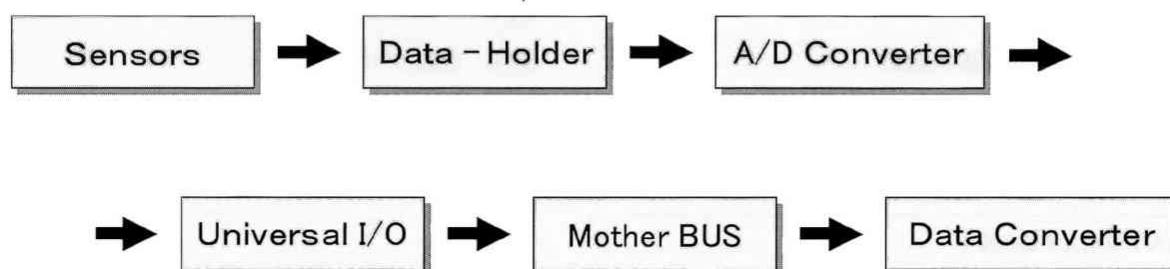


図1：外部機器からのデータ取り込み

そこで、以下の条件を考慮して、M-Pod CS のインターフェイスとして、USB を使用することに
する。

- ・ PC に標準装備され、接続するだけでシステムの認識が行えること
- ・ 計測回路に必要な電力の供給が可能であること
- ・ 外部機器との干渉が少ないこと
- ・ 小型軽量のシステム設計ができることや汎用性に優れていること

USB はシリアル転送であるためケーブルのボリュームが小さく、また、通信速度も USB2.0 の場合 480Mbit/sec と高速であるため、基本仕様③④⑥に適合している。そこで前記の条件に適合し、入手しやすく僅かの作業で入出力回路が設計できる安価な素子として、CyPress 社製の汎用 USB-IC：CY7C63001A⁽³⁾ を利用し、基本仕様④⑤⑦⑧を充足させることにした。

CY7C63001A は、図 2 のように 2 系列の入出力ポートを持つ 20 ピンの IC であり、port#0 (8Bit) と port#1 (4Bit) で外部機器とのデータ入出力が可能である。

また、D+ および D- と PC 側の USB と接続することによりシリアルデータ転送が行えるため、選定する A/D コンバータ、インターフェイスなどもシリアル仕様が必要条件となる。

現在入手できるセンサーを市場調査をしたところ、SPI 対応シリアルインターフェイス (Serial Peri-Pheral Interface) を内蔵した MAXIM 社の温度センサー IC：MAX6662 が M-Pod CS の仕様に適合し、基本仕様②③④⑤⑧を満たすことができる。

MAX6662⁽⁴⁾ は、12 ビット + 符号温度センサー及びプログラム可能な温度過昇アラームと SPITM 対応の 3 線シリアルインタフェースを単一パッケージに収めた IC センサーで、内蔵された

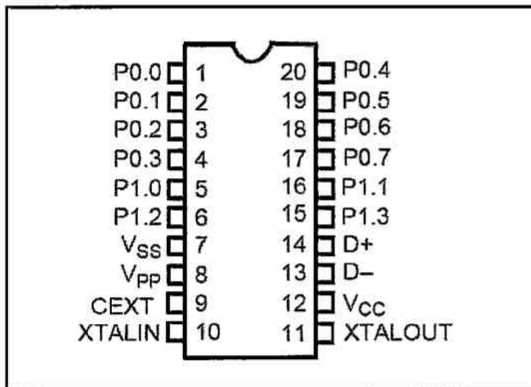


図 2：CY7C63001A ピン配置⁽¹⁾

- Vss : Ground
- Vcc : Voltage supply
- Vpp : Programming voltage supply
- CEXT : for optional 'suspend' wakeup
- XTALIN : Ceramic resonator in
- XTALOUT : Ceramic resonator out
- D+ : +DATA
- D- : -DATA

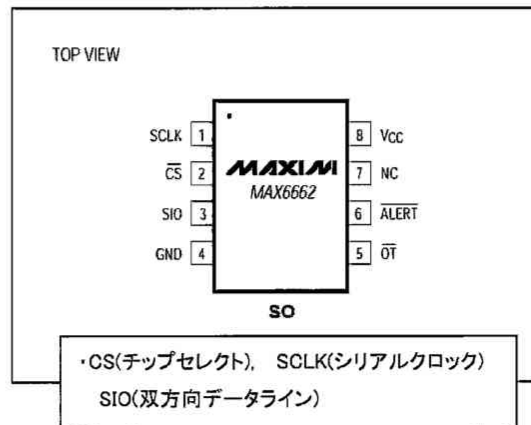
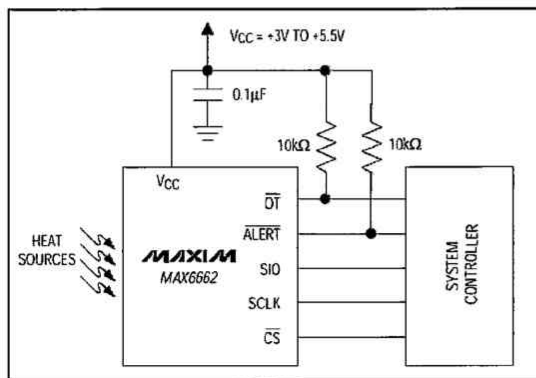


図 3：MAX6662 の標準動作回路とピン配置⁽²⁾

A/D コンバータにより、0.0625℃ の分解能でデバイス温度をデジタル値に変換することができる。範囲温度は - 55℃ ~ +150℃ であり、その形状は 8 ピン SOP パッケージである。図 3 は、標準動作回路とピン配置である。

< MAXIM : MAX6662 特色 >

- ・回路設計の容易なシリアル転送インターフェイス付き高速小型温度素子センサー
- ・分解能：0.0625℃ (12 ビット十符号)
- ・拡張温度測定範囲：- 55℃ ~ + 150℃
- ・低消費電流：125μA (typ)
- ・2つのプログラムマブル温度フォルト出力

§ 3. M-Pod CS の開発

3.1 システムの動作原理

CY7C63001A の一般的な使用法は、図 4 に示すように、A/D コンバータからの出力を port#0 で受け、パラレル→シリアル変換をした後 USB ポートに出力するものである。

しかし M-Pod CS では、図 5 のように 4CY7C

63001A の port#0 を 8 ビットパラレルの入力端として使用するのではなく、8つの独立したデータ入出力ポートと見なし、シリアル転送可能な複数の SPI センサーを接続することにより、M-Pod CS の基本仕様①③④を満たす仕様が可能となる。また、基本仕様②⑥を満足するアプリケーションを開発することにより、8系列のマルチポイント情報収集用システムの構築が可能となる。なお、基本回路は、CY7C63001A と MAX6662 の標準動作回路に準じた。

3.2 制御プログラム

M-Pod CS システムは図 6 に示すように、CY7C63001A の port#0 である LSB (P0) ~ MSB (P7) に、SPI センサー : MAX6662 の SIO を接続し独立した 8 個の SPI センサーのデータ入出力用端子として使用する。

また、port#1 は SPI センサーの SCLK と CS に接続し、SPI センサーの制御用として用いる。さらに、SPI センサーから出力される温度データと

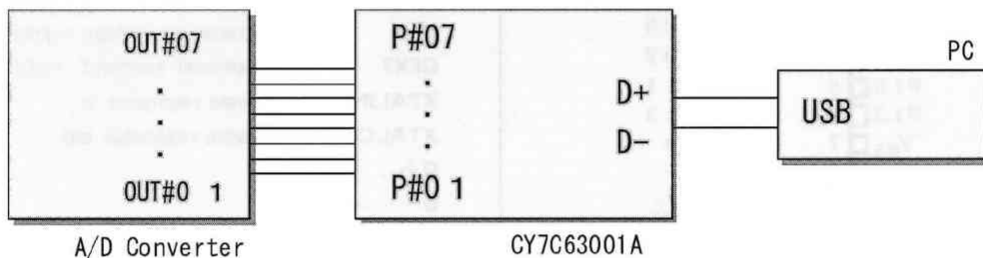


図 4 : CY7C63001A の基本的使用法

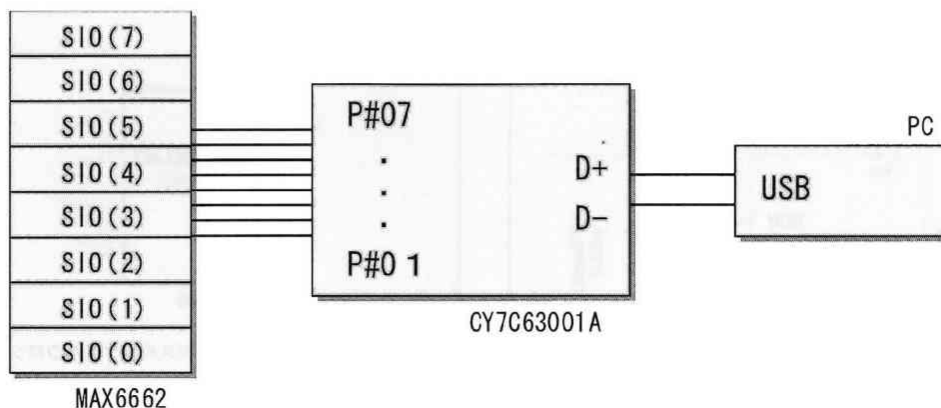


図 5 : M-Pod CS の基本回路

制御信号は、CY7C63001A の D+ と D- を通じて PC に送受信することにした。

図7は MAX6662 のシリアルインターフェイス動作を示すコントロールタイミングチャートであり、その基本動作は次の通りである。

MAX6662 の \overline{CS} を H にすることにより、CY7C63001A と MAX6662 との通信が開始され、SCLK へ入力したシステムクロックに同期した 24 クロックが有効なトランザクションとして割り当てられる。その際、最初の 8 クロックサイクルがコマンドバイトで、その後の 16 クロックサイクルがデータである。すなわち、PC より 8 クロックサイクルのコマンドバイト：C1h (Temperature Register Read) を SIO 経由で MAX6662 に入力すると、16 クロックサイクル分のデータが SIO から CY7C63001A の port#0 へ出力される。

今回の設計では、CY7C63001A の port#0 の LSB (P0) から MSB (P7) に異なる 8 つの SPI センサー (S0 ~ S7) を接続しているの

CY7C63001A からシリアル転送モードでコマンドバイトを SPI センサーに送信すれば、その後、SCLK に同期したシリアルデータが SPI センサー：S (0) ~ S (7) より port#0 へ並列出力され、PC に入力することができる。

この一連の処理を行える制御プログラムを VB で開発した。なお、汎用 USB の認識と PC 間でのデータ通信を行うために、VBA 用汎用 USB-IO プラグインとして作成された vbausbio.dll⁽⁵⁾ を使用した。

3.3 データ変換プログラム

P_j を port#0 の j 番目端子：J-LSB とし、この端子に j 番目の SPI センサー：S_j を接続すれば、port#0 に入力された 8 ビットデータ：P (i, j) を PC で 16 クロックサイクル分受信することができる。ここで、P (i, j) は j 番目センサーの i 番目のクロックによるデータとする。なお、i = 0 ~ 15 であり、SignBit (i=15)、MSB (i=14)、

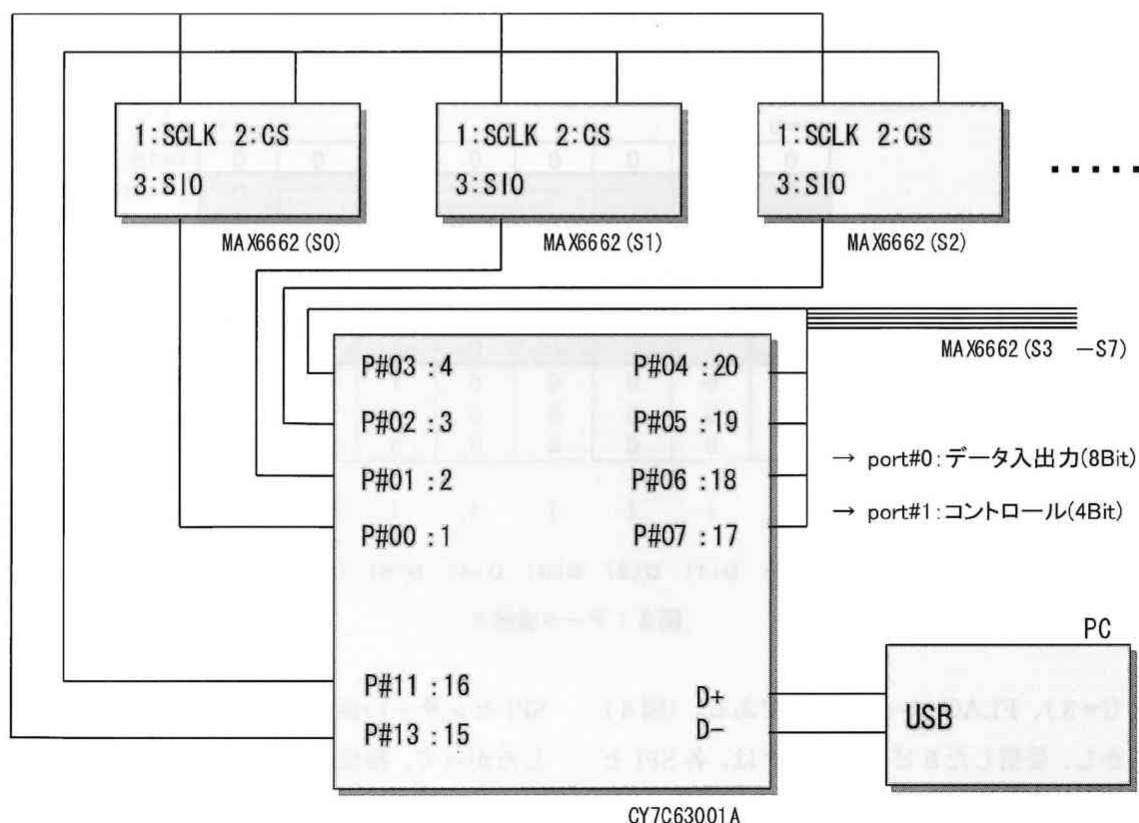


図6：M-Pod CS 回路

(0) ～ D (7) への再変換が必要となる。
 そこで、データの再変換は以下の手順で行う。

- ① port#0 に入力されるシリアル 8 ビットデータを 16 クロック分受信した後、 $i=0 \sim 2$ の 3 つの Flag を除く MSB ～ LSB と SignBit から、DLL により $P(i, j)$ を 10 進数値 $DD(i)$ に変換する。

$$DD(i) = \sum_{j=0}^{j=7} P(i, j) \cdot 2^j \quad \dots (1)$$

- ② $DD(i)$ は SCLK に同期して 8 素子から出力される i 番目の信号を 10 進数化したものであるため、図 9 に示すように、13 クロックサイクル分から再度 2 進数化し 8 素子からの情報 $B(i, j)$ として分離する ($i=0 \sim 15, j=0 \sim 7$)。

- ③ さらに i 番目のビットより j 番目素子の情報を 10 進数に変換することにより、各センサーの出力 $D(j)$ を得る。

すなわち、 $ns = \text{LSB}$ 、 $ne = \text{MSB}$ とすると

$$D(j) = \sum_{i=ns}^{i=ne} B(i, j) \cdot 2^{j-ns} \cdot (-1)^{B(i, ns)} \quad \dots (2)$$

この一連の変換により、8 つの SPI センサーの温度情報を、1 つの USB ポートより同時に PC に取得することができる。なお、制御プログラムと同様、データ変換プログラムも VB で作成した。

§ 4. まとめ

システム構築の経費や回路の煩雑さを考慮しないのであれば、PC に標準装備されている USB に

USB-Hub を接続し、増設した USB に外部機器を接続することで、簡単にマルチポイント計測システムが構築できる。しかし、本稿では 1 つの試みとして、簡単なハードウェアの設計とプログラムによるデータ変換により、簡単なシステム構成のマルチポイント計測システムを考案した。M-Pod CS では、同時刻の情報を計測できること、システムの小型軽量化が図られていること、低コストでシステムメンテナンスが容易であることが特色である。

現在、試作機による動作確認を行い、長時間稼働時の安定性や激しい変動に対する応答性や精度への影響を調べている。

今後は、M-Pod CS システムと異種センサーとの組み合わせによる計測実験を行い、タイムラグや応答速度の限界を調べるとともに時間的空間的な変位を測定し、一般の計測システムとの比較から本システムの実用性を検証する予定である。さらにエラー処理機能を付加しシステムの最適化を行い、性能限界を見定めるつもりである。

<参考文献>

- (1) 水越幸弘, 本田一成 他, USB ハード & ソフトウェア開発のすべて, CQ 出版, 2003, 4-271
- (2) 松原拓也, USB 機器の製作, 電波新聞社, 200608, 2-150
- (3) 永島 智二, 手作り USB 機器, オーム社, 200510, 5-65
- (4) MAX6662 データシート, Maxim Integrated Products, 2001, 1-9
- (5) vbausbio.dll, <http://homepage2.nifty.com/bake/usb001.htm>, 20060821