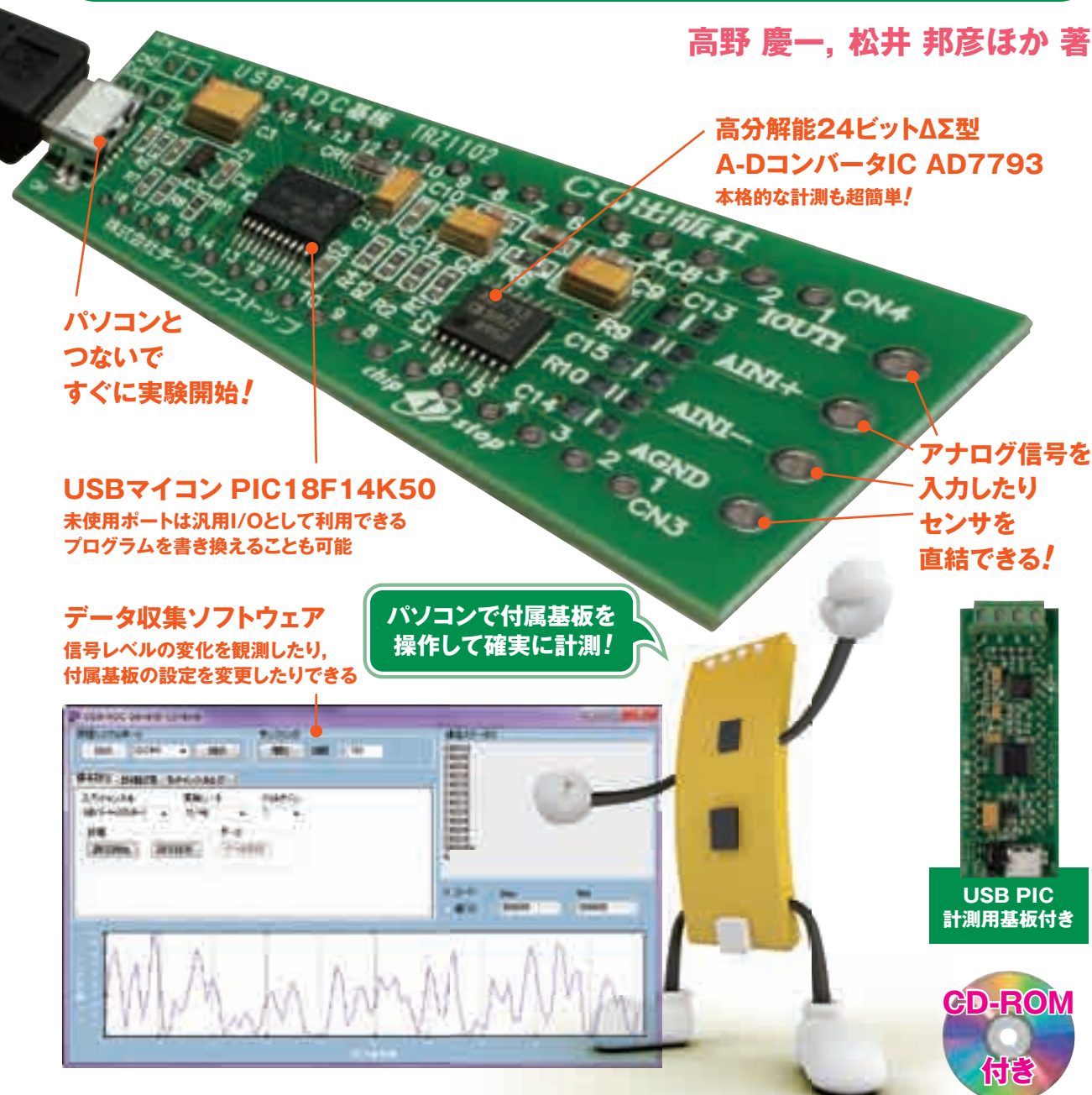


今すぐ使える

24ビットA-Dコンバータ&PIC搭載!
データ収集ソフト付き!

パソコン計測 USBマイコン基板

高野 慶一, 松井 邦彦ほか 著



パソコンと
つないで
すぐに実験開始!

USBマイコン PIC18F14K50

未使用ポートは汎用I/Oとして利用できる
プログラムを書き換えることも可能

データ収集ソフトウェア
信号レベルの変化を観測したり,
付属基板の設定を変更したりできる

パソコンで付属基板を
操作して確実に計測!

高分解能24ビット $\Delta\Sigma$ 型
A-DコンバータIC AD7793
本格的な計測も超簡単!

アナログ信号を
入力したり
センサを
直結できる!



USB PIC
計測用基板付き



目次

読者プレゼント	4
イントロダクション パソコン計測 USB マイコン基板	5
CD-ROM のコンテンツと注意事項	12
Appendix1 チップワンストップでの部品購入	14
第 1 章 付属基板を仕上げる	16
付属基板の回路と使用上の注意	16
付属基板を仕上げる	17
小さなノイズも拾う高性能付属基板とノイズ源「パソコン」との共存	19
第 2 章 付属の計測用ソフトウェアのインストールと使いかた	22
ドライバを組み込む	22
アプリケーションのインストール	24
「USB - ADC General Console」を使ってみよう	24
第 3 章 付属基板を動かしてみる	29
気温を測ってみる	29
はんだごての温度を測ってみる	31
重さや圧力で金属がたわむのをとらえる	34
Column ワンチップ・マイコンは計測には使えないの?	38
Appendix2 付属基板の測定能力「確からしさ」と「分解能」	39
第 4 章 PC 計測ソフトウェアができるまで	43
Visual BASIC.NET の無償版で開発する	43
シリアル・ポートを使った簡単なアプリケーションを構築してみる	43
VB.NET で使えるグラフ表示コンポーネント	46
第 5 章 パソコンで A - D コンバータを操作する	48
A - D コンバータのレジスタを操作しよう	48
通信ソフトウェアで A - D コンバータを操作してみよう	50
コマンド操作で内蔵温度センサを読み出す	52
第 6 章 24 ビット A - D コンバータ AD7793	54
A - D コンバータの役割	54
A - D コンバータのいろいろ	56
なぜ $\Delta\Sigma$ 型 A - D コンバータが付属基板で採用されているのか	60
高分解能と高精度を実現する $\Delta\Sigma$ 技術のしくみ	60
Column 高精度 $\Delta\Sigma$ 方式 A - D コンバータの多くは「マルチ・ビット型」	66
$\Delta\Sigma$ 型 A - D コンバータ AD7793 の内蔵機能と仕様	67

第 7 章	USB マイコン PIC18F14K50	69
	センサ信号をパソコンに橋渡しするロー・ピン・カウンタ・マイコン PIC18F14K50	69
	USB ファームの簡単な開発手順	70
	デバッグとプログラムの書き込み	72
	Column 付属基板製造の裏話	74
第 8 章	3.3 V 出力の電源 IC ADP150	76
	USB バス・パワーから A-D コンバータの間に配置するリニア・レギュレータの構造	76
	USB(スイッチング・レギュレータ)のノイズ	77
	LDO のノイズ	77
	高精度 A-D コンバータの求める電源のノイズ仕様	78
	低ノイズ ADP150 と一般的な LDO の違い	78
第 9 章	出力データの入力電圧に対する直線性	80
	性能を引き出す実験環境	80
	内部キャリブレーションでの DC 特性を測定する(シングル・エンド入力)	81
	外部キャリブレーションでの DC 特性を測定する(シングル・エンド入力)	84
	差動入力での DC 特性を測定する	84
第 10 章	雑音の大きさ	87
	測定できる電圧レベルの下限を決めるノイズ性能の測定	87
	RMS ノイズを測定する	89
第 11 章	商用電源からのノイズを除去する能力	94
	サンプリング周波数と <i>NMRR</i> の関係	94
	<i>NMRR</i> の実測値	94
第 12 章	可変ゲイン・アンプのゲイン精度	104
	A-D コンバータの内蔵された PGA のゲイン精度	104
	熱電対を使って温度を測定する	104
	温度の計算	107
第 13 章	電圧や電流を精度良く測る	109
	直流の高電圧を測る	109
	抵抗器を使って減衰させる	109
	ワンチップ IC を使って減衰させる	111
	交流電圧の大きさを計る	114
	基礎知識	114
	実効値を求める三つの方式	115
	実際の実効値測定回路	117
	高電圧ラインの直流電流を計る	124
第 14 章	温度を精度良く測る	127
	0 ~ 500 °C を ± 0.3 °C 以内で測る	127
	白金の測温センサを使う	127
	白金測温抵抗体を使った温度計測の基本 1…一定の電流を加える	129
	白金測温抵抗体を使った温度計測の基本 2…一定の電圧を加える	133

ターゲットが遠くにあるときの対応	137
500℃以上の温度を計る	138
基礎知識	138
誤差を減らす方法	142
わずかな温度変化を捕らえる高感度温度測定	146
サーミスタを使う	146
誤差を減らす方法	146
Column 単電源で動作する差動アンプ	148

Appendix3 磁気の検出

151

A-Dコンバータやマイコンの理解を深めるのに役立つ！

読者プレゼント

プレゼント1：分解能16ビット、1 MSps のA-DコンバータAD7671の評価ボード EVAL-AD7671CBZ (1名様)【提供：アナログ・デバイセズ】
ノー・ミッシング・コードで、1MHzのサンプリング・レートを実現する。分解能は16ビット。INL=2.5LSB、DNL=1.5LSB。5V電源から動作し、シリアル/パラレルのインターフェースをもつ



プレゼント2：PIC18F14K50の開発キット Low Pin Count USB Development Kit(5名様)

【提供：マイクロチップ テクノロジー ジャパン】
PIC18F14K50 や評価基板、書き込み器 PICKit2、デバッグ・ヘッダ、USBケーブル、ユーザ・ガイドなどが書き込まれたCDのセット



プレゼント3：4ウェイ・クロック (10名様)【提供：チップワンストップ】



プレゼント4：図書カード1,000円(50名様、CQ出版社)

応募方法

図1に示す月刊トランジスタ技術(CQ出版社)のウェブ・サイトの「読者アンケート」から応募できます。

■ URL

<http://toragi.cqpub.co.jp/>
・応募しめきり
2011年2月28日



図1 トランジスタ技術のウェブ・サイトの「読者アンケート」をクリックすると読者プレゼントに応募できる

イントロ ダクション

パソコン計測 USB マイコン 基板

—— USB PIC マイコンと高性能 A - D コンバータを搭載！

本誌には、USB に挿すだけですぐにパソコン計測を始められる基板が付属されています。主な搭載部品は、24 ビットと分解能が高く、ゲインを調整できるアンプなどを内蔵した高性能 A - D コンバータと、USB PIC マイコンです。付属基板の特徴や、活用方法を紹介します。

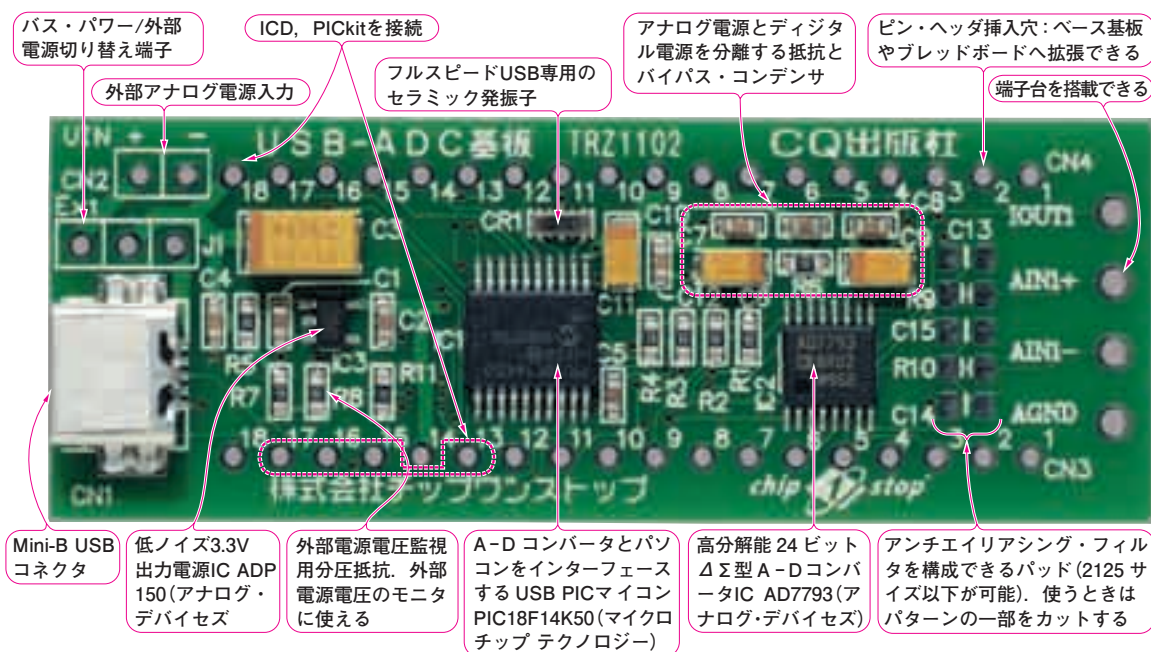


写真 1 付属基板

センサを直結して USB に挿すだけですぐに試せる。基板寸法は 22 × 60 × 6mm

● 主な部品

付属基板に搭載されている主な部品は次のとおりです。

- (1) アナログ信号を 1600 万分の 1 に分解しデジタル信号に変換する A-D コンバータ (AD7793)
- (2) USB と A-D コンバータをインターフェースし I/O 制御が可能な USB PIC マイコン (PIC18F14K50)

本付属基板の特徴を決めている A-D コンバータは、温度センサやセンサ励起用の電流源、可変ゲイン・ア

ンプを内蔵しています。CD-ROM には、パソコン計測用のアプリケーション・ソフトウェアを収録しています。

● 良い道具を使えば本格的な計測も簡単になる

ちょっと計算するだけで、付属基板に搭載している A-D コンバータは、汎用のワンチップ・マイコンに多い分解能 8 ~ 10 ビットの A-D コンバータとは比べ物にならない性能をもっていることがわかります。

$$8 \text{ ビット} = 2^8 = 256$$

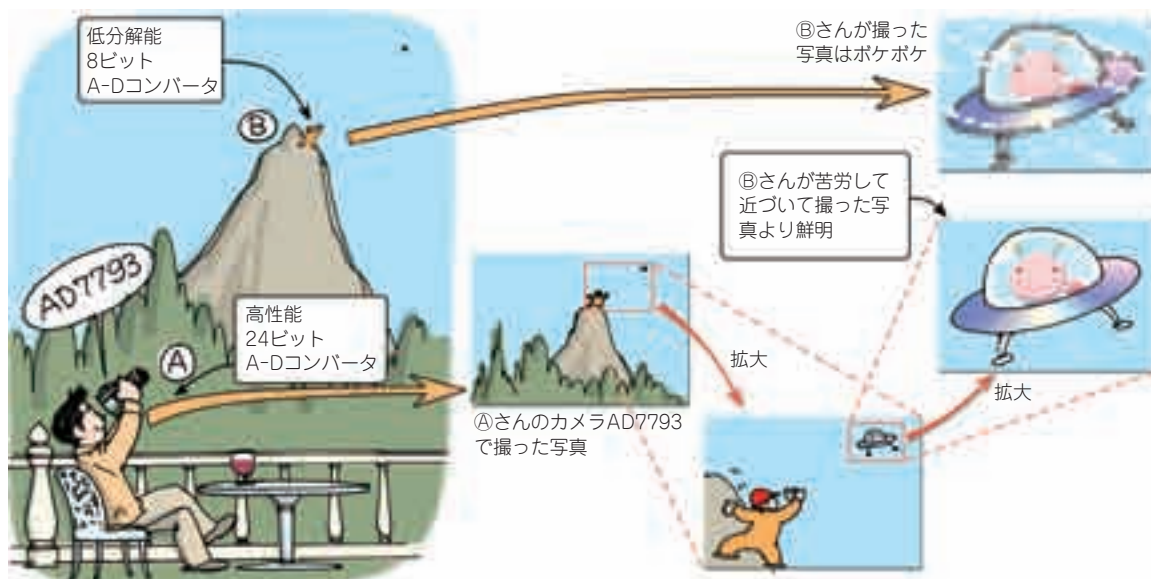


図1 24ビット分解能のA-Dコンバータを搭載したカメラを使えば遠くから撮影した画像を拡大していても鮮明さが保たれる

$$24 \text{ ビット} = 2^{24} = 16777216$$

このように、アナログ信号をきざむ能力(分解能)が65536倍もあります。そんなに本格的な性能は要らないと思われるかもしれませんが、実は、この高性能がアナログ信号の分析をととてもやりやすくしてくれます。変化の大きい信号、例えば1g～1トンの重さ信号を読み込ませた場合を考えてみると、

- ワンチップ・マイコン：3.9 kg きざみ
- AD7793 の場合：0.0596 g きざみ

となり、ワンチップ・マイコンでは、1gの重さを読み取ることができません。読み取るためには、A-Dコンバータの前段にアンプを挿入して、測る重さに合わせてゲインを変えなければなりません。でも、AD7793なら、そんなことをしなくても、丸ごと読み込ませてしまっても、1gの重さを0.0596g単位にきざんでくれます。信号の変化幅が大きくても、まるで野菜ジュースのように丸ごと読み込ませると、細かい信号に刻まれたデジタル信号を出力してくれるわけです。細かいことを気にする必要はありません。難しそうなことは良い道具で解決すればよいのです(図1)。

● 汎用のUSBマイコン基板としても使える

もちろん付属基板は、汎用のUSBマイコン基板としても利用できます。搭載されているUSB PICマイコンPIC18F14K50のピンの一部は次の用途に利用されています。

- USBとA-Dコンバータをインターフェースする
- AD7793のコントロール

それ以外のピンはすべて付属基板の周囲にあるピン・ヘッダ挿入穴に引き出されており、最大7チャネルまでの入出力制御が可能です。ICDやPICkitなどの書き込み器をつなぐ端子もあるので、カスタマイズも可能です。

付属基板を使ってできること

● アナログ信号を直接入力してパソコンで詳細に分析

温度、明るさ、長さ、重さなど、この世に存在するものはさまざまな物理的な量を持ちます。その量は基準と比較して、測定が行われます。物理的な量を測定できる信号に変換するのが、センサ(sensor)です。

身近なセンサとして温度計を挙げてみましょう(図2)。寒暖計や理科の実験で使う棒温度計は、人間の目で目盛りと比較して値を判定するセンサです。記録としては残らないので、通常は見やすい位置や被測定物に設置して使います。

一方、気象測定の現場では温度の記録をとるために記録紙に直接書き込むセンサが使われています。バイメタルという温度で変位する金属のわずかな変化を機械的に増幅して直接ペンを動かし、ゼンマイの原理で記録紙を送るという電気をまったく使わないオール機械式もあり、いまでも現役で活躍しています。無人でも記録が取れることが大きな利点ですが、記録の利用には手作業での文書化が必要です。

そして、産業用では、無人での測定や遠隔監視、そしてパソコンで直接利用できるデータ形式が求められ、

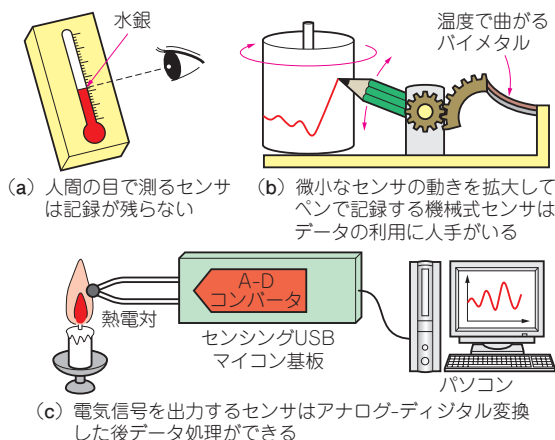


図2 温度を検出する方法はいろいろあるが電気信号で検出すれば記録や補正などのデータ処理が可能

それを可能にするセンサが使われています。それらは電気信号に変換して出力され、パソコンの入り口となるA-Dコンバータに入力できます。

付属基板に搭載しているA-Dコンバータには低速直流～低い周波数のアナログ信号が適しています。例えば、温度や湿度、圧力、ひずみ、ガス濃度などのセンサが向いています。

● 24ビット＝1/1600万きざみなので誰でも高分解能測定が可能

付属基板に搭載されているA-Dコンバータは24ビットの分解能を持ちます。換算すると、**1600万分の1**ものとてもない分解能です。実質的には**20ビット(100万分の1)**ぐらいが上限となります。なお、電源部には低ノイズの電源ICを採用しました。

この分解能があれば、例えるならば富士山(約3800m)の全貌を見ながら4mmの小石が判別できることになります。8ビット分解能の場合4mmを測ろうとすると、全体としては1mしかとらえられません(図3)。

言い換えれば、分解能はデジカメの画素数に似ています。8ビットA-Dコンバータを6万画素に例えると、24ビットでは300兆画素に相当します。拡大すればいくらかでも細かく表示できるので、まるごと撮影して細部を拡大表示する手段が可能になります。

6万画素(8ビット相当)で山頂の小石を撮影するには富士山に登って近くからの撮影が必要です。ところが登ってしまうと今度は全体の大きさが判らなくなるので一度に測定できないことになります。

電気信号でも同じことが言えます。これまでブリッジ回路などの駆動回路で検出信号を拡大する工夫がされてきましたが、高分解能を利用すれば**丸ごと読み込んでから微小変化分を取り出す**、という芸当ができる

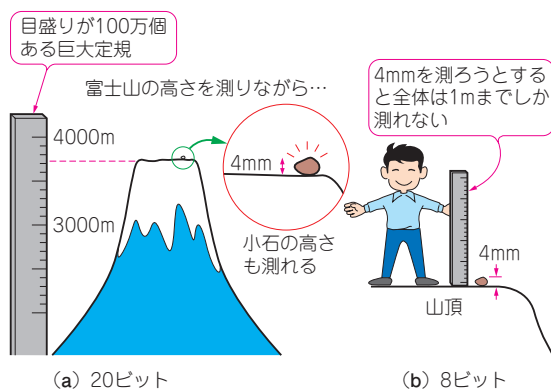


図3 高分解能であれば富士山ごと大きさを測定しても、頂上にある小石の大きさを判別できる
付属基板に搭載されているA-Dコンバータは変化の大きい信号を丸ごと読み込ませてしまっても細かく分解してくれる

のです。

● USB経由でパソコンからA-Dコンバータを操作できる

A-DコンバータICは、初期の平行出力から、SPIやI²Cなどのシリアル・インターフェース方式を取りDSPに直結できるものが多くなっています。操作方法も内蔵のレジスタに値を書き込む方式が普通になっており、マイコンによる制御が必須です。

コマンド方式のA-Dコンバータを使うには、内部レジスタや内蔵機能の理解が要求され、また、使うためのマイコン回路やファームウェアの作成が必要です。

図4(次頁)に付属基板の回路ブロックを示します。USB-SPI変換機能をプログラムしたPICマイコンを搭載し、24ビットA-Dコンバータ(AD7793)をパソコンから直接制御できます。

A-Dコンバータのコマンドと対応した文字列により操作することで、専用APIやドライバが不要になり、汎用のターミナル・ソフトからでも操作できます。

付属基板と搭載部品の仕様

● 仕様

仕様を表1に示します。

アナログ入力1(AIN1)は、アンチエイリアス・フィルタや、端子台を簡単に実装できるパッドを設けています。

信号線は600mil(15.24mm)幅のDIPコネクタ(36ピン相当)に出力しており、連結コネクタでベース・ボードやブレッドボードへ拡張できます。

増刊付属CD-ROMに収録したWindows用ソフトウェアを使えば、A-DコンバータICのレジスタ

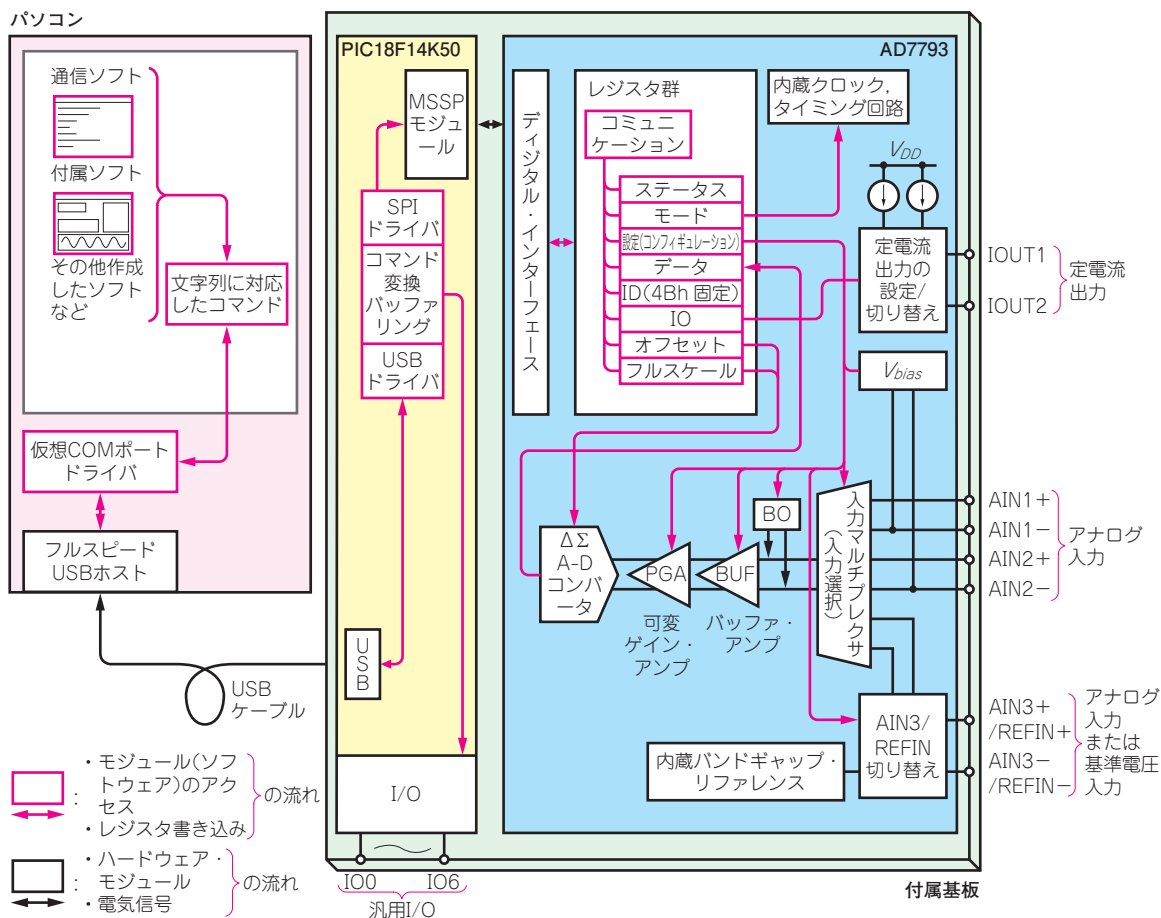


表 1 付属基板の仕様

項目	内容
基板サイズ	22 × 60 × 6 mm
汎用 I/O ポート数	7 本(出力電流 ± 25 mA _{max})
使用温度範囲	0 ~ 70℃
湿度	RH90 % 以下(結露無きこと)
電源	USB バス・パワー(外部電源も可能)
USB	Mini-B5 ピン, フルスピード(12 Mbps)

を操作しながら測定できます。

● 搭載デバイス

▶ 24 ビット A-D コンバータ IC AD7793

表 2 に仕様を示します。

外部からゲインを設定できるインストゥルメンテーション・アンプやドリフトが 4 ppm/℃_{typ} のバンドギャップ・リファレンス, クロック発振器, 50 Hz/60 Hz を同時除去するノッチ・フィルタ, プログラマブル電流源などを内蔵する, オール・イン・ワンの ΔΣ 型(または ΔΣ 型・アナログ・デバイスでは ΔΣ 型と

表 2 搭載されている 24 ビット ΔΣ 型 A-D コンバータ AD7793 の仕様

項目	内容
有効分解能	23 ビット
RMS ノイズ	40 nV@4.17 Hz/85 nV@16.7 Hz
消費電流	400 μA _{typ} (パワー・ダウン時は 1 μA)
更新レート	4.17 ~ 500 Hz
積分非直線性	± 15 ppm _{max}
オフセット誤差	± 1 μV _{typ}
オフセット誤差の温度ドリフト	± 10 nV/℃ _{typ}
フルスケール誤差	± 10 μV _{typ}
ゲインの温度ドリフト	± 1 ppm/℃(ゲイン 1 ~ 16 倍), ± 3 ppm/℃(ゲイン 32 ~ 128 倍)
電源電圧変動除去比	100 dB _{min}

している)A-D コンバータ IC です。

▶ USB PIC マイコン PIC18F14K50

表 3 に仕様を示します。

付属基板では USB と A-D コンバータ IC の SPI の橋渡しに使っていますが, 未使用ポートを汎用 I/O ポートとして開放しており文字列コマンドによる I/O

表3 付属基板に搭載されている USB PIC マイコン PIC18F14K50 の仕様

項 目	内 容
クロック	48 MHz
ROM	16 K バイト (8 K ワード), フラッシュ
RAM	768 バイト RAM (USB 用 256 バイト含む)
データ・メモリ	256 バイト EEPROM

(a) 主な仕様

項 目	端子数
10 ビット A-D コンバータ	4
PWM	1
MSSP (Master Synchronous Serial Port)	1 (SPI として使っている)
D-A コンバータ	1 (電圧リファレンスとして使える)
USART	1

(b) ファームウェア変更で使える機能

操作が可能です。

PICKit2/3, ICD3 を使ってファームウェアを書き換えれば, USART (調歩同期式シリアル・インターフェース) や PWM 出力, 10 ビット A-D 変換入力などを機能させられます。フリーのメモリ容量は 5K ワード以上です。

8 × 8 ハードウェア乗算器や 1.024 V リファレンス電圧源, 発振器を内蔵し, スリープ電流は 24 nA です。

なお, 基板では I/O ポートはハイ・インピーダンスの不安定入力を防止するため, 電源投入時は全てロー・レベルの出力に設定しています。

▶ 3.3 V, 150 mA の電源 IC ADP150

A-D コンバータの高分解能を 100% 引き出すには, 低ノイズな電源で動かす必要があります。低ノイズ・タイプの電源 IC ADP150 で電圧変動を除去し, USB マイコン基板にノイズが重畳しないようにしています。

CD-ROM に収録されているソフトウェア

A-D コンバータ機能を中心に, 付属基板を学習しながら操作できる Windows アプリケーション「USB-ADC General Console」を付属 CD-ROM に収録しています。図 5 に表示画面を, 表 4 に実行環境を示します。

VisualBasic.NET で作成しており, データの受け渡しは文字列により送受信しています。

波形観測の性能をブレッドボードでチェック

付属基板を使うとどのような信号が観測できるか具体例で見てみましょう。図 6 に実験で使った回路を, 写真 2 に外観を示します。フォトダイオードという

表4 増刊の内容を実験するのに必要なパソコンの動作環境

項目	内 容
CPU	Penti μ m III 800MHz 以上
メモリ	512 M バイト以上
確認 OS	Windows XP SP3, Windows 7
その他	.NET FrameWork 3.5, USB1.0 以上のインターフェースが必要

光を電圧信号に変換する素子を使って, ブレッドボードで実験しました。

表 5 に, 更新レートに対する分解能と測定できる周波数帯域の上限を参考までに掲載しました。精度を上げるには変換速度を落とす必要があり, 測定対象の信号は, より低い周波数であることが求められます。

▶ 微小信号の測定

消灯した暗がりの環境とし, 出力をオシロスコープで測定した結果を図 7 に示します。測定対象が微弱な信号で, バラックで組んでいることもあり, 電灯線の周波数 50 Hz のノイズが, 測定した信号の 1 割以上も占めています。このノイズは商用電源や周囲の機器, 自らの電源から伝達するもので, 測定を難しくする要因の一つです。

付属基板に搭載している A-D コンバータ AD9733 は変換速度を変えることができ, 低速時には 50/60 Hz に対する強力なデジタル・フィルタが形成されます。除去比は -80 dB (=1 万分の 1) 以下にも達し, やっかいなノイズを低減します。

図 8 は, 付属基板を使って A-D の変換速度 16.7 Hz と 500 Hz で取り込んだ結果です。この変換速度は IC 内部で正確に生成されており, パソコンで読み出すタイミングには影響されません。

なお, 入力できる信号の最大電圧幅は, 内蔵リファレンス使用時に, 差動入力で ±1.17 V です。

▶ 変換速度 16.7 Hz 以下では内蔵フィルタが生きる

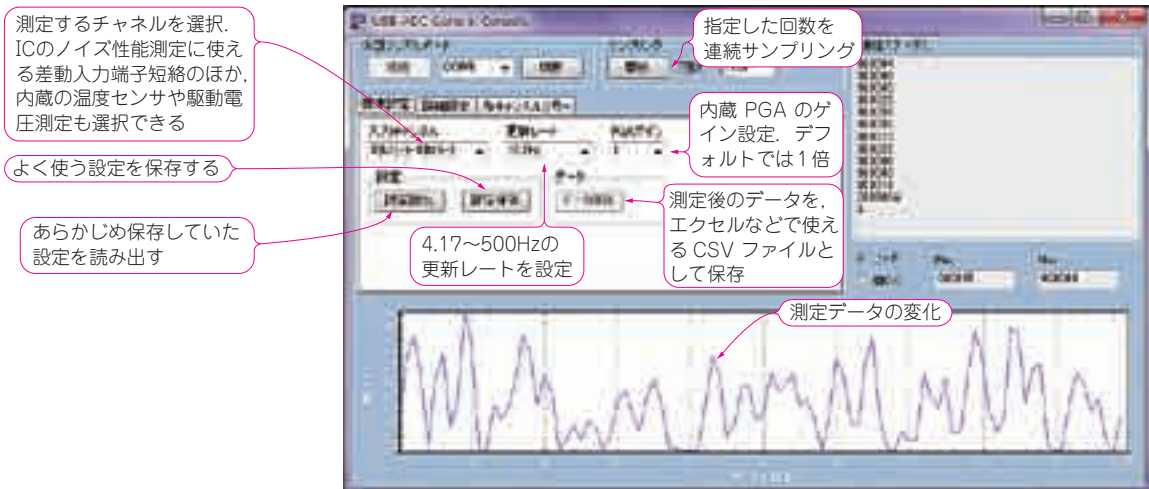
測定結果の max/min の値から, 0.148 V のけたまで真値が出ています。グラフはオート・スケールのため振幅が大きいように見えますが, その振幅は数百 μV なので, 50 Hz 成分が除去されていることが伺えます。

▶ 変換速度 500 Hz ではオシロスコープでの測定波形とほぼ同じようにノイズが乗っている

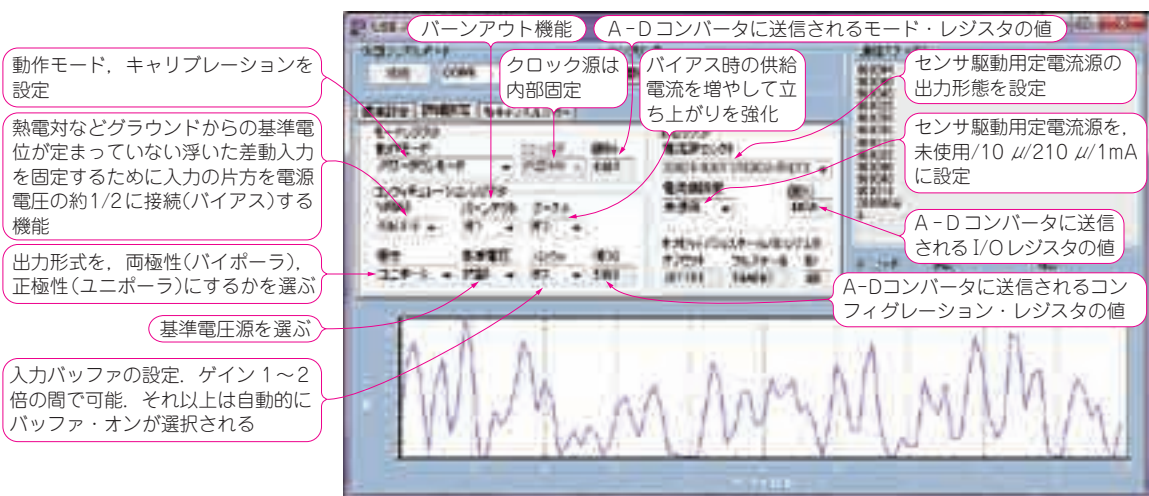
500 Hz の変換速度では 16.7 Hz と違い 50 Hz 成分が除去されないフィルタが適用され, 実波形に近い測定結果となります。このため, 16.7 Hz 時に対して分解能が低くなります。

● パルス信号の測定

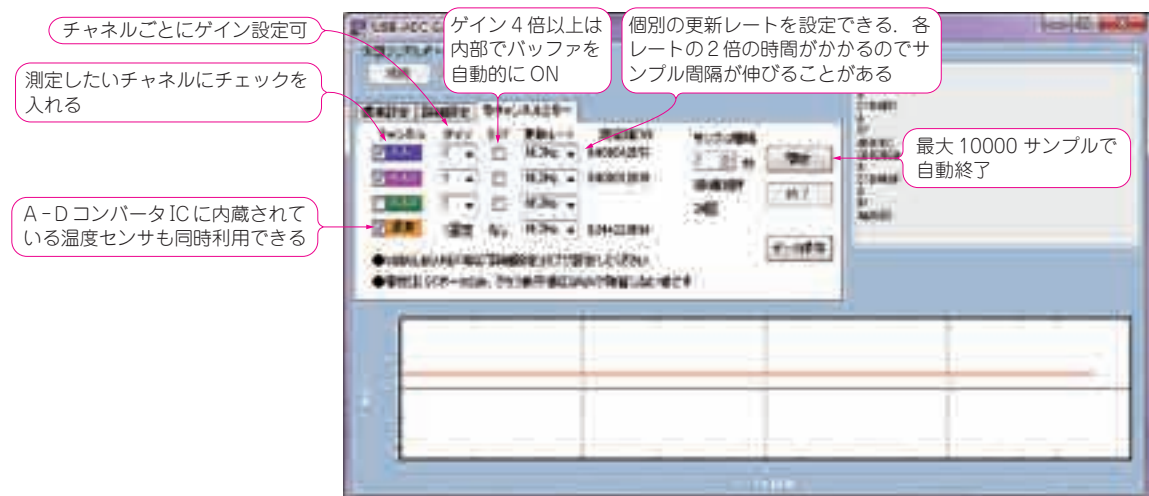
図 9 は 20 Hz のパルス波を変換速度 500 Hz で測定した結果です。内蔵フィルタの影響で, パルスの立ち



(a) 測定に最小限必要な設定ができる標準設定画面



(b) A-Dコンバータ(AD7793)の機能を設定する詳細設定画面



(c) パソコンのクロックを使って各チャンネルのデータをA-Dコンバータ(AD7793)の2倍の変換レートでロギング

図5 付属CD-ROMに収録のソフトウェアを使うとA-DコンバータIC(AD7793)を操作したりデータを精度良く取り込んだりできる

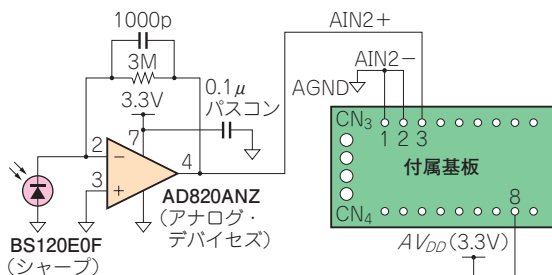


図6 消灯した暗がりの環境で発生する 100 数十 mV の微小なフォトダイオードの出力も付属基板なら取り込める

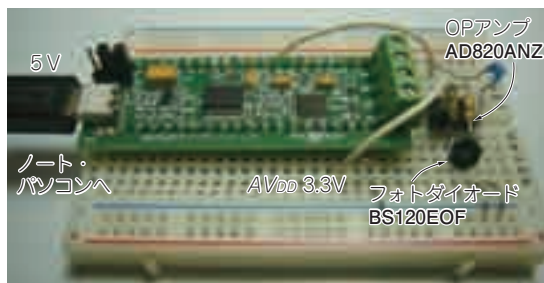


写真2 ブレッドボードを使っても実験できる
内蔵フィルタによりある程度ノイズを低減して測定できる

表5 変換速度を変えて分解能や帯域などを確認

データシートの仕様値		実験での参考値			
変換速度 [Hz]	分解能代表値 RMS (p-p) [ビット]	分解能実験値 (p-p) [ビット]	スループレート [V/S]	周波数帯域 [Hz]	測定最小パルス 幅 [ms]
500	17.5 (15)	14	100	35	14
250	17.5 (15)	14.5	50	17.5	28
125	18.5 (16)	16	25	8.7	56
62.5	19.5 (17)	16	15	5.4	96
33.3	19.5 (17)	17	11	3.8	150
16.7	20 (17.5)	17.5	5.5	1.9	300
8.33	21 (18.5)	18	2	0.7	720
4.17	21.5 (19)	18	1.4	0.4	1440

※ゲイン1倍，内部リファレンス，AC駆動ノートPC，パルス発振器使用

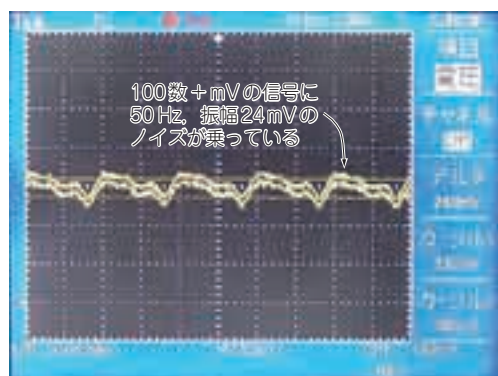
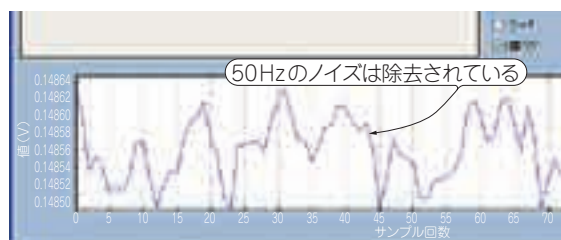
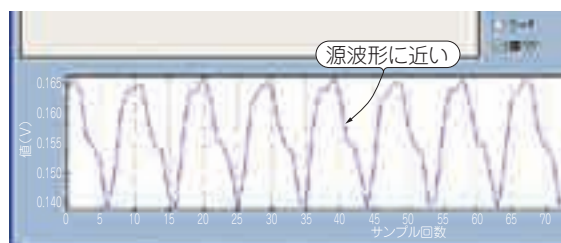


図7 図6の回路の出力をオシロスコープで測定するとコンセントや周辺の機器から出てくるノイズが大きく重畳している



(a) 付属基板で変換速度 16.7 Hz にて測定



(b) 付属基板で変換速度 500 Hz にて測定

図8 変換速度 16.7 Hz 以下では内蔵フィルタで 50 Hz 成分が除去されているが変換速度 500 Hz では除去されていないので分解能が低くなっている

上がり / 下がり は緩やかです。この部分を除外した平坦な部分が測定できれば、パルスの波高値を測定できます。表5の実験結果から 500 Hz の変換速度では 14 ms のパルスが可能です。そのときの分解能はピーク値で 14 ビット (実験値) でした。

16.7 Hz では、とらえ得るパルス幅はぐんと長くなり 300 ms にも達し、分解能は 17.5 ビットとれています。マージンを考慮するとさらに長い値が必要 (1.5 ~ 2.0 倍) になります。

● 測定に適するのは変化の緩やかな信号

温度や気圧、湿度や上記の例の微弱発光などの変動の緩やかな信号測定には最適で、高精度に測定できます。また、次章の電子ハカリのような、ステップ状に安定する信号にも適します。

一方、加速度やトルク、交流測定などの常時変動する信号や、単発の細いパルス(表中の算出値よりも)測定には向きません。

● 入力を切り替えながらの測定にはサンプリング時間が2倍いる

付属基盤は3チャンネルのアナログ入力を持ちます。入力を切り替えると同一チャンネル連続変換するときの2倍のサンプリング時間が必要です。また、ICの連続変換タイミングは使わず、ユーザー側で切り替えと読み出しを指示し、1チャンネルごとに変換することになります。

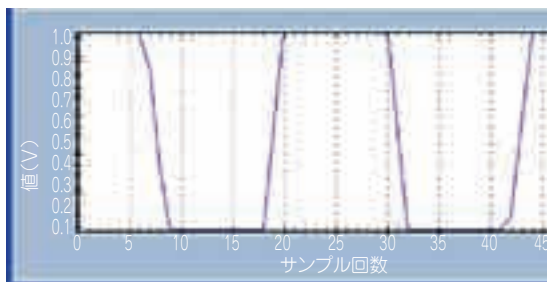


図9 パルスを測定すると内蔵フィルタで立ち上がり/下がりが緩やかになっている

この動作の応用でロガー機能を作成しました。本文で使い方を説明します。測定間隔は最短で1秒です。

*

いろいろと理屈を述べましたが、まずは、ノイズやパルスとは全く無縁の簡単なアプリケーションから、変換速度など変えながら体験してみましょう。

Column

CD-ROMのコンテンツと注意事項

● CD-ROMのコンテンツ

付属CD-ROMには本書に関連する以下のソフトウェアとファイルが収録されています。

- A-Dコンバータの動作をパソコンから設定し、パソコンにデータを保存できるWindowsアプリケーション「USB-ADC General Console」
- 「USB-ADC General Console」の関連ファイル一式とソース・ファイルを含めたプロジェクト一式
- 「USB-ADC General Console」に使ったグラフ表示コンポーネント「ZedGraph」および関連ファイル
- 付属基盤に書き込み済みのHEXファイル、ソース・ファイルを含むプロジェクト一式
- 24ビットA-DコンバータAD7793のデータシート
- USBマイコンPIC18F14K50のデータシート
- 低雑音LDO ADP150のデータシート
- 付属基盤の回路図、プリント・パターン図
- コラムで紹介する付属基板検査器の参考プロジェクト・ファイル一式

● 使用上の注意事項

- 本書に使用したPIC18シリーズ用のCコンパイラは教育的無償版のためサポート対象外であり、バージョン・アップによる障害を含む一切のサポートは行われません。
- 本書に使用したVisualBasic2008 Express

Editionは無償版のためサポート対象外であり、一切のサポートは行われません。

- プログラム・ファイルは、著作権法により保護されています。個人で使用する目的以外に使えません。
- CD-ROMに収録されているすべてのファイルの使用にあたって生じたトラブルなどについて、筆者、アナログ・デバイス(株)、(株)チップワンストップ、マイクロチップテクノロジー(株)、およびCQ出版社は一切の責任を負いません。
- インターネットなどの公共ネットワーク、構内ネットワークへのアップロードなどは、筆者、アナログ・デバイス(株)、(株)チップワンストップ、マイクロチップテクノロジー(株)、およびCQ出版社の許可なく行えません。

● 付属CD-ROMに収録されていないソフトウェアおよびファイル

本書の記事中で紹介している次のソフトウェアやファイルは、以下のウェブ・サイトから必要に応じてダウンロードしてください。

- MPLAB 統合開発環境, C18 コンパイラ
- Microchip Application Libraries
- VisualBasic2008
- ZedGraph アーカイブ・ファイル(実行時DLLは収録)
- pk2cmd.exe
- TeraTerm

部品セット販売サービス実施中

型 名	品 名	メーカー/ 購入先	数量
MKDS 1/2-3, 8	ねじ式端子台 3.81mm ピッチ	フェニッ クス	2
A2-3PA-2.54DSA (71)	SIP ヘッダ 3 P	ヒロセ	1
HIF3GA-2.54SP	ショート・プラグ	ヒロセ	1
D01-9922001	連結ソケット	HARWIN	2
GRM188R71C104KA01D	チップ・コンデンサ	村田	3
RK73BJTTD221J	チップ抵抗器	KOA	2

表 1 付属基板を仕上げるための部品セット(トラ技 AD 増刊部品セット A)

第 1 章で紹介した部品一覧. すべてチップワンストップ (<http://www.chip1stop.com/>) で取り扱っています.
注▶ AD: アナログ・デバイス, ルネサス: ルネサス エレクトロニクス, CDE: Cornell Dublier Electronics, 日ケミ: 日本ケミコン, 村田: 村田製作所, FC: フェアチャイルド, 山武: 山武ハネウエル, 石塚: 石塚電子, フェニックス: フェニックスコンタクト, ヒロセ: ヒロセ電機

型 名	品名, 値など	部品番号	メーカー	数量
OP295GPZ	OP アンプ	A ₁ , A ₂	AD	2
SS495A	磁気センサ	S ₁	山武	1
RGFIJ	ダイオード	D ₁	FC	1
BSME250ELL330MF11D	33 μ F/25V	CP ₁	日ケミ	1
RPEE41H104M2M1A03A	0.1 μ F/50V	CP ₂ , CP ₃	村田	2
MF1/4CC7501F	7.5k Ω /0.25W	R ₁ , R ₄	KOA	2
MF1/4CC1001F	1k Ω /0.25W	R ₂ , R ₃ , R ₆ , R ₇ , R ₈ , R ₁₀ , R ₁₁ , R ₁₂	KOA	8
MF1/4CC4321F	4.32k Ω /0.25W	R ₅	KOA	1
MF1/4CC1100F	110 Ω /0.25W	R ₉	KOA	1
CT-6EP 1k Ω (102)	1k Ω /0.25W	VR ₁ , VR ₂	COPAL	2

(a) トラ技 AD 増刊部品セット B

型 名	品名, 値など	部品番号	メーカー	数量
OP295GPZ	OP アンプ	A ₁ , A ₂	AD	2
ADR5045ARTZ-R2	シャント型 基準電源	IC ₁	AD	1
103AT-2	サーミスタ	RT ₁	石塚	1
RGFIJ	ダイオード	D ₁	FC	1
BSME250ELL330MF11D	33 μ F/25V	CP ₁	日ケミ	1
RPEE41H104M2M1A03A	0.1 μ F/50V	CP ₂ , CP ₃	村田	2
MF1/4CC3321F	3.32k Ω /0.25W	R ₁ , R ₃	KOA	2
MF1/4CC1243F	124k Ω /0.25W	R ₂	KOA	1
MF1/4CC4321F	4.32k Ω /0.25W	R ₅	KOA	1
MF1/4CC2320F	232 Ω /0.25W	R ₇	KOA	1
MF1/4CC1002F	10k Ω /0.25W	R ₈ , R ₁₁	KOA	2
MF1/4CC1001F	1k Ω /0.25W	R ₉ , R ₁₀ , R ₁₄ , R ₁₇	KOA	4
MF1/4CC6190F	619 Ω /0.25W	R ₁₂	KOA	1
MF1/4CC4422F	44.2 Ω /0.25W	R ₁₃	KOA	1
MF1/4CC2551F	2.55k Ω /0.25W	R ₁₅	KOA	1
MF1/4CC1022F	10.2k Ω /0.25W	R ₁₆	KOA	1

(b) トラ技 AD 増刊部品セット C

表 2 付属基板の応用回路部品セット

第 13 章から第 14 章で紹介した応用回路の部品セット. すべてチップワンストップ (<http://www.chip1stop.com/>) で取り扱っています.

●部品セット販売のお知らせ

- ・第 1 次募集期間: 2010 年 12 月 16 日~2011 年 1 月 31 日
- ・発送日: 2011 年 2 月 10 日前後
- ・申し込み先: チップワンストップ社ウェブサイト (<http://www.chip1stop.com/>) の専用ページにてご案内いたします.
- ・協力: チップワンストップ

型 名	品名, 値など	部品番号	メーカー	数量
AD711JNZ	OP アンプ	A ₁	AD	1
AD712JNZ	OP アンプ	A ₂	AD	1
AD636JHZ	RMS-DC 変換 IC	IC ₁	AD	1
HSM124S(TL-E)	ダイオード	D ₁ , D ₂	ルネサス	2
DEA1X3A220JC1B	22pF/1kV	C ₁	村田	1
FKP2 220PF +/-5% 100V	220pF/100V	C ₂	Wima	1
B32529C222J	2200pF/63V	C ₃	EPCOS	1
B32520C224J	0.22 μ F/63V	C ₄	EPCOS	1
DSF050J104	0.1 μ F/50V	C ₅	CDE	1
RPE5C2A3R0C2P1B03B	3pF/100V	C ₆	村田	1
BSME350ELL220MF11D	22 μ F/35V	C ₇	日ケミ	1
BSME350ELL47ME11D	4.7 μ F/25V	C ₈	日ケミ	1
MF1/2CC4704F	4.7M Ω /0.5W	R _{1A}	KOA	1
MF1/2CC4304F	4.3M Ω /0.5W	R _{1B}	KOA	1
MF1/4CC4703F	470k Ω /0.25W	R _{2A}	KOA	1
MF1/4CC4303F	430k Ω /0.25W	R _{2B}	KOA	1
MF1/4CC4702F	47k Ω /0.25W	R _{3A}	KOA	1
MF1/4CC4302F	43k Ω /0.25W	R _{3B}	KOA	1
MF1/4CC1002F	10k Ω /0.25W	R ₄ , R ₁₀	KOA	2
MF1/4CC4302F	43k Ω /0.25W	R ₅	KOA	1
MF1/4DC3902F	39k Ω /0.25W	R ₆	KOA	1
MF1/4CC1004F	1M Ω /0.25W	R ₇ , R ₁₂	KOA	2
MF1/4CC2001F	2k Ω /0.25W	R ₈	KOA	1
MF1/4CC3001F	3k Ω /0.25W	R ₉	KOA	1
MF1/4CC4702F	47k Ω /0.25W	R ₁₁	KOA	1
CT-6EP 10k Ω (103)	10k Ω /0.25W	VR ₁	COPAL	1
CT-6EP 20k Ω (203)	20k Ω /0.25W	VR ₂	COPAL	1
BSME250ELL330MF11D	33 μ F/25V	CP ₂	日ケミ	2
RPEE41H104M2M1A03A	0.1 μ F/50V	CP ₃	村田	6

(c) トラ技 AD 増刊部品セット D

型 名	品名, 値など	部品番号	メーカー	数量
AD8671ARZ	OP アンプ	A ₁	AD	1
AD711JNZ	OP アンプ	A ₂	AD	1
AD633JNZ	乗算 IC	IC ₁	AD	1
AC1226	冷接点補償 IC	IC ₂	AD	1
MF1/4CC1001F	1k Ω /0.25W	R ₁	KOA	1
MF1/4CC2493F	249k Ω /0.25W	R ₂	KOA	1
MF1/4CC2703F	270k Ω /0.25W	R ₃ , R ₆	KOA	2
MF1/4CC1502F	15k Ω /0.25W	R ₄ , R ₅	KOA	2
CT-6EP 10k Ω (103)	10k Ω /0.25W	VR ₁	COPAL	1
BSME250ELL330MF11D	33 μ F/25V	CP ₂	日ケミ	2
RPEE41H104M2M1A03A	0.1 μ F/50V	CP ₃	村田	7

(d) トラ技 AD 増刊部品セット E

チップワンストップでの 部品購入

記事で使っている部品は すべて購入できる

「チップワンストップ」でICの購入を試みましたので、その様子を紹介します。

① チップワンストップのウェブにアクセス！

下記の URL

<http://www.chip1stop.com/>

またはサーチ・エンジンから、チップワンストップのホーム・ページにアクセスします。ホーム・ページは2010年9月にリニューアルしたとのことで、図1のように機能的なデザインになっています。

まだ会員登録をしていませんので、ゲストでの状態です。とはいえ、この状態でも商品の検索は可能です。

② 購入する部品を選択する

図2のように、例えばOPアンプのカテゴリを選ぶと多数の部品が出てきます。また「アナログ・デバイ

セズ ナビ」などをはじめ、各メーカーの専門ページも用意されているので、目的のメーカーの製品から選択できるので、これも便利です。

図2の一覧から選ぶこともできますが、今回は高速なCMOS OPアンプAD8601ARTZと、アナログ・スイッチADG659YRQZを購入してみることにし、図2の画面のキーワード検索から探してみます。図3のように複数の候補が現れます。MOQ(Minimum Order Quantity；最小発注単位)が「1」になっているので、1個からでも注文できます。

ここで数量を入力し、「買物かごへ」ボタンを押す(クリックする)と、図4のように買物かご画面が現れます。

③ 会員登録する

買い物を終えて、図4の「納入先指定へ」ボタンを押すと、図5のように会員ログイン画面が現れます。ここまではゲストで手続きを進めてきましたので、ここで「会員登録」リンクを押して自分の個人情報や送



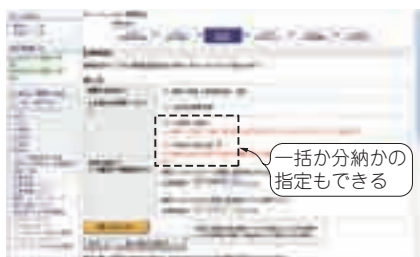
図1 チップワンストップのトップ・ページ



図4 買物かご画面で金額と納期が確認できる



図6 納期指定画面では一括か分納などの出荷指定ができる



付先を登録します。チップワンストップの規定として「営業目的の個人あるいは個人事業主などが対象」となっていますので、個人で利用の方でもそのチェック・ボックスをチェックしてください。

④ 出荷予定日との送料を確認

会員登録が完了すると、あらためて買い物かご画面が表示されます。ここから「納入先指定へ」ボタンをすと、納入先指定画面(会員登録住所ならそのままです)が現れます。ここでさらに「納期指定へ」ボタンを押すと、図6のように買い物かごの中の商品の納期が表示されます。一括か分納かなど、出荷指定もできます。

在庫品は、17時までの注文なら即日出荷、それ以外でも100万点が中1日～5日で届きます。また、5000円以上の購入で送料が無料になります(通常450円)。

⑤ 支払方法を確認

図7の支払方法入力画面のように、支払方法をいろいろ選べることもポイントです。カード決済、銀行



図3 キーワード検索すると複数の候補が現れる

図5 会員登録画面で会員登録

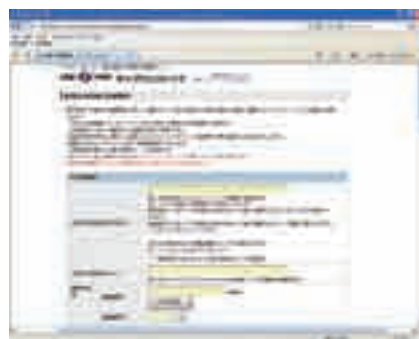
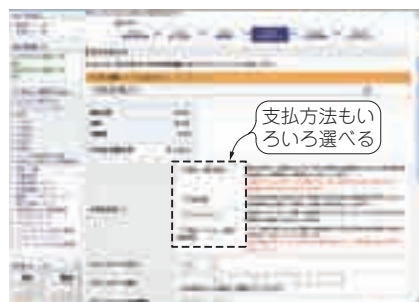


図7 支払方法もいろいろと選べる



振り込み、配送業者の代引き払い、コンビニなどでの後払いも可能です。

カード決済が便利でしょうが、領収書が必要な場合は、それぞれの支払方法で得られる領収書が異なりますので、よく説明を読んで適切に支払方法と得られる領収書を選んでください。

⑥ 困ったときは問い合わせ

サーチしても目的のICや部品が発見できない、電話でいろいろと確認したい、という状況のために、電話による「コール・センタ」があります。図6の納入先指定画面などで、「お客様担当」として自分の担当者の名前と電話番号が出てきます。これはいつも自分を担当してくれるコール・センタの担当者の連絡先で、会員登録のときに充てられるものです。

いつも同じ担当者の人と話ができるということは、非常に安心できますね。

〈栗林 良太〉

第1章

付属基板を仕上げる

—— より簡単に、より確実に計測するために

付属基板は単体でも使えますが、コネクタや端子台、少しのCR部品を搭載すると取り扱いが簡単になります。また、付属基板は精度が高いだけに、ノイズにとっても敏感です。本章ではノイズへの対処方法についても解説します。

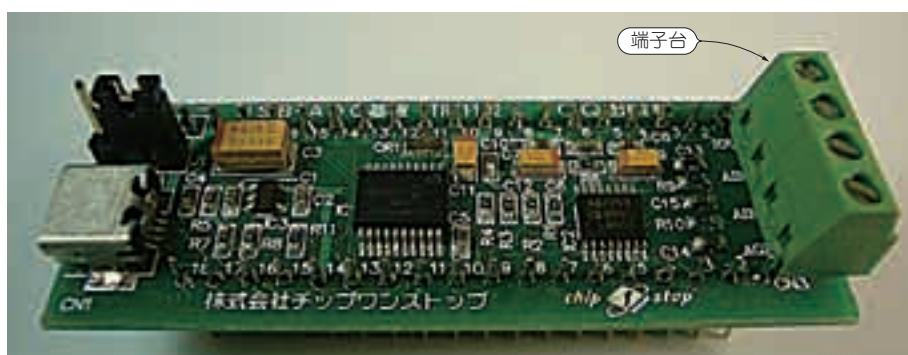


写真1 フル装備の付属基板

付属基板の回路と使用上の注意

付属基板はとても高精度で高性能です。その性能を100%引き出し、確実に計測するためには、写真1に示すように端子台やコネクタなどを取り付けて準備を整えることが大切です。

● 回路図と基板レイアウト

図1に付属基板の全回路(pp.20～21)を、図2にコネクタ(CN2, CN3, CN4)のピン配置を示します。

A-Dコンバータの周辺には、0.1 μF 積層セラミック・コンデンサと10 μF タンタル・コンデンサを並列にして直近で接続しています。プリント・パターンはICの真下でアナログとデジタルを分けています。

● バス・パワーではなく外部電源を使うときの付属基板の動作

外部電源を接続するとPICマイコンはスリープ状態になり、すべての制御を解放します。電源投入時か

ら3秒以上USBのアクセスがないとこの状態になります。これは、付属基板をパソコンにつながずスタンドアロンで使うときのことを考慮しています。

マイコンとA-Dコンバータはスリープに入り、合計1 μA 以下になります。このとき基板全体の消費電流を支配しているのは、バイパス・コンデンサのリーク電流とLDOのGND電流で、その合計は25 μA_{typ} です。

外部の回路を組むときには、USBの信号線が浮いてしまわないように、PGC端子を10 k Ω 程度で3.3 Vへプルアップしてください。これにより消費電流が200 μA まで増すことがあります。

本書ではこのような使いかたは想定していません。

● USB接続に失敗したときは

付属基板をUSBに接続したままパソコンを立ち上げた場合には、パソコンによって接続に失敗することがあります。USBをいったん外してから再接続してください。スリープまでの3秒間は付属基板のPICがA-Dコンバータを操作しているので、外部コン