

[第2章]

各ステップを作り，動作を確かめながら完成をめざす

Step by Step 加速度万歩計の製作

河西 真史

この章では，PICの回路設計とプログラミングの例として「加速度万歩計」の製作を紹介します．これは加速度センサからの出力を読み取り，メモリにデータを蓄積し，そのデータを通信でPCにダウンロードするという機能をもっています．かなり複雑な動作を行うものですが，PICを使って実験しながら進めることにより意外と簡単にできてしまいます．

2-1 何を作ろうか？

この章では，PICを使ってオリジナルな装置を作成していく過程を解説します．前章でも述べましたが，PIC電子工作の醍醐味は「自分の作りたいもの」を実際に作ってしまうところにあります．作りたいもののアイデアは，日常生活でこんなものがあったら...という必要性から思いつくこともあるし，あるいは電子部品のカatalogなどで面白いものを見つけたときに，その応用例を考えていて思いつくこともあります．

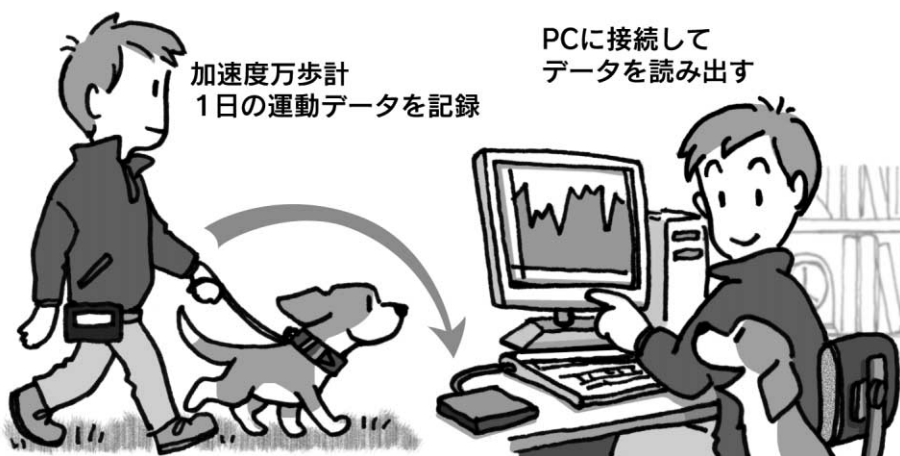


図2-1 加速度万歩計
この万歩計は1日のうち，いつごろどのくらい歩いたり走ったりしたかという運動量の記録をPCに読み出して見ることができる．

ところで、筆者は毎年1回健康診断を受けています。20代のときにはまるっきり気にならなかったのですが、最近は運動不足からか体重・体脂肪率の数字がどうにも無視できなくなってきました。肥満は成人病の第一歩といえます。そこで、日ごろなるべく歩くように心がけたり、また朝のジョギングなんかも始めました。このような運動というのはある程度の期間を継続しないことには成果が見えにくいものですが、生活習慣として一朝一夕に身につくものではありませんし、コツコツと続けていくのは難しいものです。

そこで、1日の運動量を測定し記録しておけるようなものがあったら面白いと考えました。がんばって歩いた日には高いスコアがついたりすれば日ごろの励みにもなります。日常の運動を記録するものとしては万歩計が昔からありますが、これを高機能にして、

- ▶ 1日のうちでいつごろ運動したかわかる

- ▶ どのくらい運動したのかわかる。たとえば歩いたときより、より走ったときのほうが高くスコアされるというものができないかな、と考えてみました(図2-1)。

運動量を測定するには市販の「加速度センサ」を使って動きを感知すれば可能でしょう。1日分のデータは「EEPROMメモリ」に蓄積しておき、「RS-232C通信」でメモリのデータをPCにダウンロードすれば、後でグラフにして解析できます。これらの機能はすべてPICで制御できそうです。

ここまで考えてしまうと後は作ってみるしかありません。自分にとって必要なものが自分で作れるのですから、こんなに楽しいことはないでしょう。

2-2 加速度万歩計の回路設計

アイデアを思いついたら、次はどのような機能が必要になるのか、そのためにはどんな部品を使えばよいかを考えます。詳細な動作についてはあとでプログラミングのときに考えることにして、ここでは、まず大雑把な機能を考えます(図2-2)。

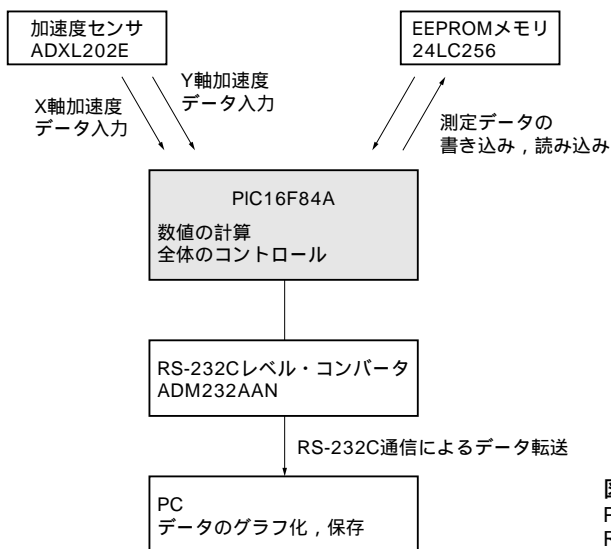


図2-2 回路の概略
PIC16F84Aを中心にして加速度センサ、EEPROMメモリ、RS-232C接続と、三つの機能を使う。

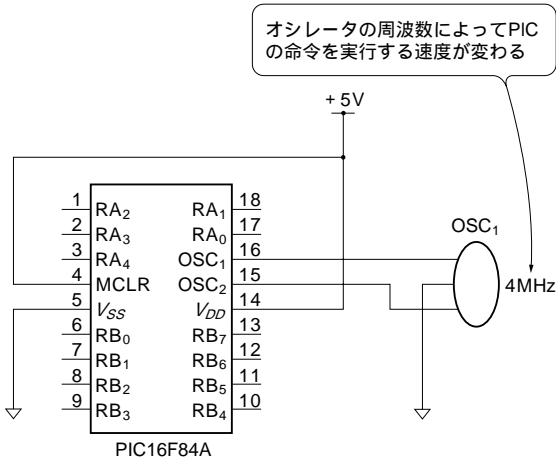


図2-3 PIC 関連部分

PIC16F84Aの動作にはオシレータが必要。+5Vは電源ピン(V_{DD})に加えてMCLRピンにも忘れずに接続する。

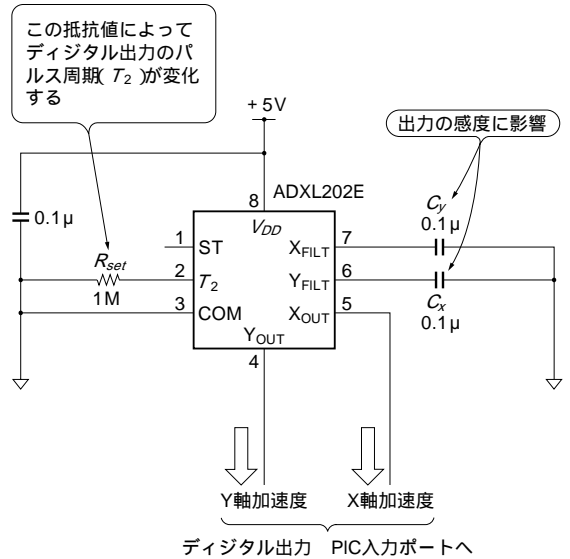



図2-4 加速度センサ部分

加速度センサADXL202Eの周辺回路。これはデジタル出力を扱う場合の回路だがアナログ出力も可能。抵抗 R_{set} の値によってデジタル出力のパルス周期が変化する。

● PIC

このアイコンは、章末に用語解説があります

回路の中心となるPICは前章と同様PIC16F84Aを使用します。PICにはさまざまな種類があるので、必要となる入出力ポートの数や、タイマなどの機能を考慮して選びます。今回はPIC16F84A  が必要かつ十分なグレードのPICです。

PIC16F84Aにはオシレータ(発振器)をつける必要があります。今回は4MHzのオシレータを使用するので、1命令サイクルが $1\mu s$ の実行速度になります(図2-3)。

● 運動量の測定：加速度センサ

歩いたり走ったりしたときの動きを感知するために、加速度センサADXL202E(アナログ・デバイス製)を使います。ADXL202EはXY2軸それぞれの加速度を感知し、アナログ信号またはデジタル信号を出力するセンサです。今回はPICで扱いやすいデジタル出力を利用します(図2-4)。

センサからはパルスが出力されていて、そのパルス幅(T_1)が軸の加速度に比例して変化します。パルスの周期(T_2)は R_{set} の抵抗値によって調節できます。 C_x 、 C_y のコンデンサ容量により感度が調節できますが、精密な測定でなければあまり厳密に考える必要はないと思います(表2-1、図2-5)。

● データの記録：EEPROM


加速度のデータはPICで数値化した後、どこかに記録しておく必要があります。今回はEEPROMメモリとして24LC256(マイクロチップ・テクノロジー製)を使います(図2-6)。EEPROMとは電氣的に読み出し/書き込みが可能で、電源を切ってもデータが消去されない不揮発性  のメモリです。デジタル・カメラなどに使われているフラッシュ・メモリもEEPROMの一種です。24LC256は256Kビット、つま

表2-1⁽¹⁾ 加速度センサADXL202Eのスペック

加速度センサADXL202Eの主な仕様．±10Gまで計測可能なADXL210Eなど異なる仕様のタイプもある．最近ではXYZの3軸測定可能なセンサACB302(スター精密社製)も入手可能．

測定軸	XY2軸
測定範囲(G)	±2
分解能(G)	0.002 (C _x , C _y = 0.1μF)
電源(V)	3.0 ~ 5.25
パッケージ	8ピンLCC 5×5×2(mm)

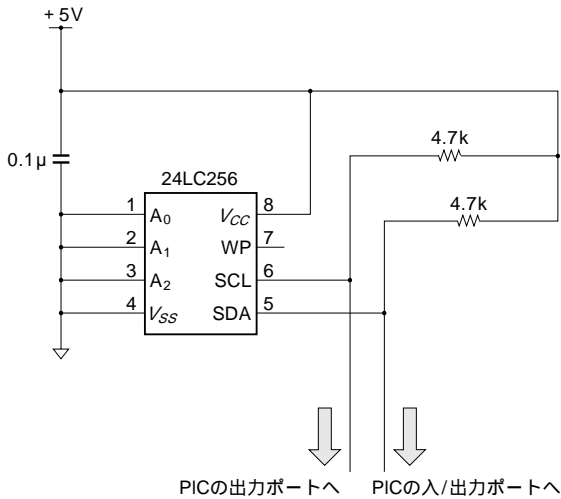


図2-6 EEPROM部分

EEPROMの24LC256部分の回路．SCLは動作タイミングのクロック入力用のピンで，データはSDAピンから入力，または出力される．これにあわせてPIC側の入出力を切り替える必要がある．A₀, A₁, A₂ピンは通信用のアドレスを設定するもの．

り32Kバイト(32,768バイト)の容量をもつメモリです．

いまやPCではM(メガ)やG(ギガ)単位のデータを扱うことは日常茶飯事ですから32Kバイトと聞いても少なく感じるかもしれません．しかし，何万というデータは思いのほか膨大な数で，たとえば，1分間に2バイト分のデータを記録した場合，のべ11日間分ものデータを記録・保持することができます．200円もしないICなのに驚きの容量です．

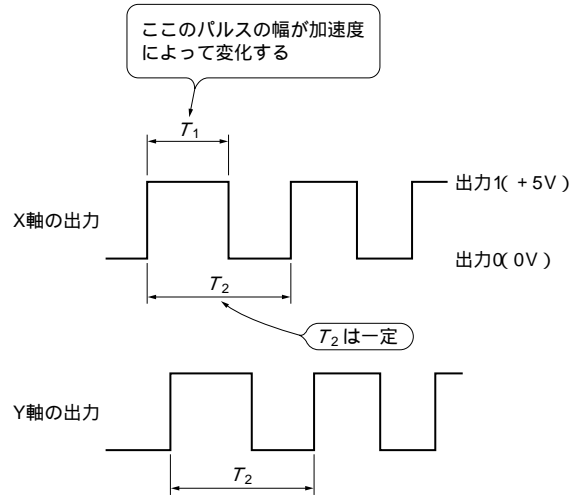


図2-5 ADXL202Eのパルス出力

加速度センサADXL202Eのデジタル出力端子からは常に一定周期のパルスが出力される．センサの感知した加速度はパルス幅T₁が変化することによって出力される．

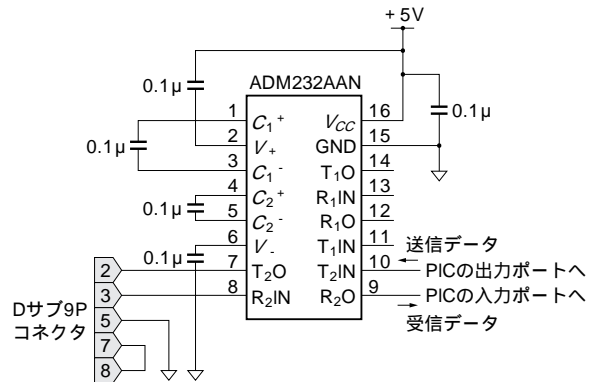


図2-7 RS-232Cレベル・コンバータ部分

RS-232Cレベル・コンバータ部分の回路．このICは+5Vの電源を元に，±10VのRS-232C通信に適した電圧を発生させる．IC内部にチャージ・ポンプという昇圧回路をもっている．

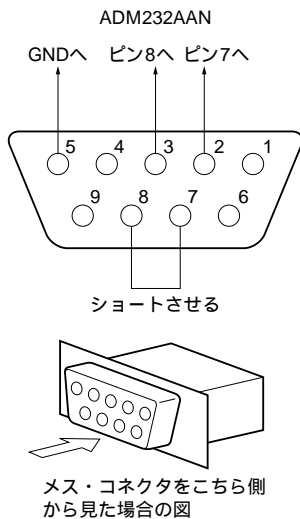


図2-8 D-sub9Pコネクタ
RS-232Cのために、PICライタの接続にも使われているメス型コネクタを使用する。7ピンと8ピンは直接コネクタ付近で接続する。

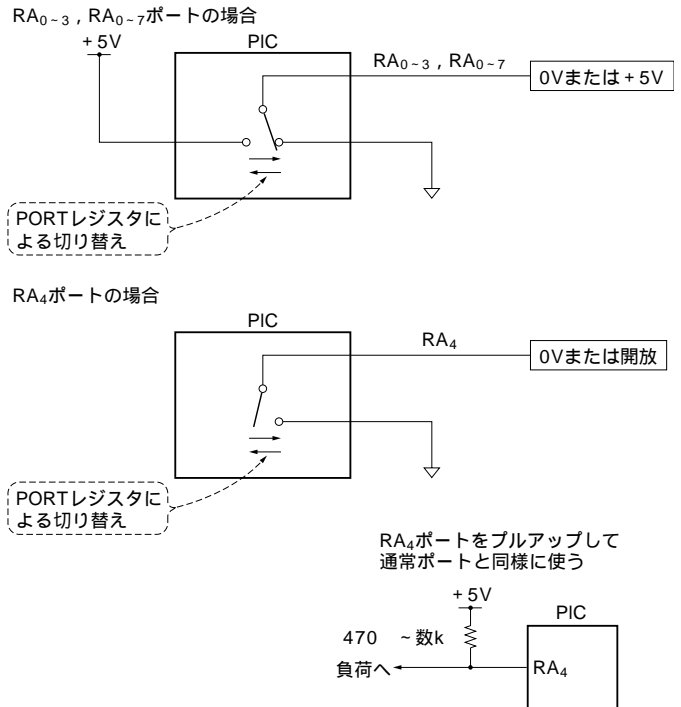


図2-9 RA₄ポート
RA₄ポートの模式図。このポートはオープン・ドレイン構造となっているため、PORTレジスタを1にしても+5Vの電圧は供給されない。オープン・ドレイン構造はPIC内のほかのポートと接続したり、また異なる電圧を駆動するために使われる。RA₄ポートをほかのポートと同様に使うためには適当な抵抗でプルアップする。

● PCとの通信：RS-232C

いったんEEPROMに記録したデータは、その後PCに転送します。転送されたデータはPC上でグラフにしたり、保存しておくことができます。データを転送するためにはPCとPICの間で通信することが必要になりますが、ここでは比較的簡単でPICの通信によく使われる“RS-232C”方式を使うことにします。RS-232Cによる通信では、+10V(+5V～+15V)と-10V(-5V～-15V)の電圧を信号のレベルとしていますが、そのためによく使われるのがレベル・コンバータIC(ADM232AAN、アナログ・デバイス製)です(図2-7)。

レベル・コンバータICは、PICからの入力信号(+5V/0V)をRS-232Cに適した信号レベル(-10V/+10V)に変換して出力します。PIC工作では定番の回路です。ADM232AANのRS232C側の入出力端子はD-sub9Pメス型のコネクタに接続し、PICライタの接続にも使っているオス・メス・ケーブルを使用してPCと接続できるようにします(図2-8)。

● 電源回路

今回の回路に使う部品は、すべて5Vの電源で駆動するものです。前章のテスト回路と同様に、9V電池から三端子レギュレータを用いて安定な5V電圧を取り出すことにします。

● その他周辺回路

記録開始やデータ転送開始などの動作を指示するためのプッシュ・ボタン，動作状況を表示するためのLED，および電源スイッチをつけます．これもテスト回路と同様です．

● 回路全体を考える

PICを中心にした全体の回路を考えてみます．前で述べた主な部品をPICにつなげていく作業です．

回路を設計するときには「回路図エディタ」を使ってPC上で作業すると便利です．インターネット上ではいくつものフリーソフトが公開されていますが，たとえばBsch(岡田仁史氏作，<http://www.suigyodo.com/index.htm>)などが有名です．

まず，各入出力部品をPICのどのピンに接続するのが考えてみます．PIC16F84はRA₀～RA₄およびRB₀～RB₇の合計13の入出力ポートをもっています．

今回は，ピン入力による割り込みなどの特別な機能は使いませんから，どのポートを使ってもよさそうですが，一つだけRA₄ポートに注意が必要です．RA₄ポートはオープン・ドレイン構造となっており，出力ポートとして設定した場合にほかのポートのように電圧が供給されません(図2-9)．このポートを使って+5Vを出力したいときには，抵抗を介して電源を接続(プルアップ)します．

そのほかは特に問題なさそうですので前述した各部品類を，図2-10のようにPICを中心に配置してみます．

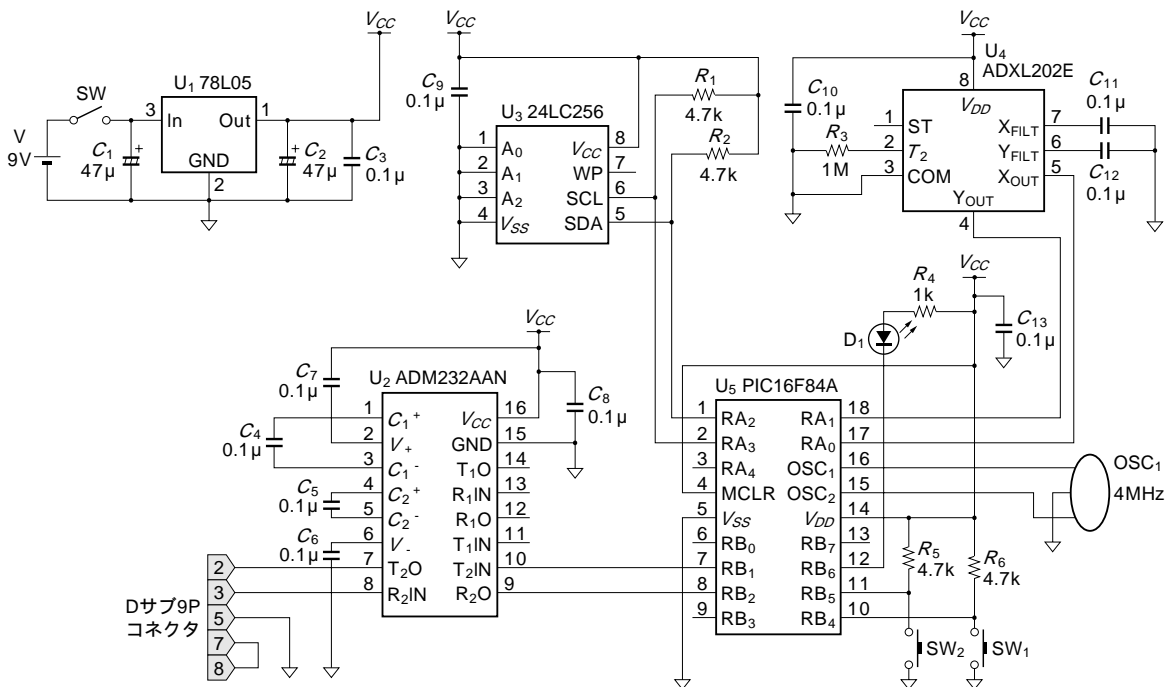


図2-10 加速度万歩計の回路図

PIC16F84Aを中心に，各機能の周辺回路を直接ポートに配置することで全体の回路になる．各部分を配置する際に，ラインが交差する箇所がなるべく少なくなるようにすると，実際の基板上の配置もスムーズに行える．

PICに4MHzのレゾネータ，電源 (V_{DD} および MCLR)，GND を接続します．一見複雑に見える回路図ですが，よく見てみると，実は必要な機能がそれぞれのまとまりとしてPICの入出力ピンに直接接続されているだけ，ということがわかると思います．

詳細な動作についてはプログラミングのときに考えるとして，とりあえずこの回路を作成してみることになります．

2-3 回路の作成

回路図をもとにして部品を集め，回路を作ります．前章と同様に，ユニバーサル基板上で配線を考えながら配置していきます．

● 部品の入手

回路図を元に必要な部品をリスト・アップします(表2-2)．

表2-2 加速度万歩計の部品表

加速度万歩計の製作に必要な部品．三端子レギュレータ，RS-232C レベル・コンバータ，EEPROMメモリなどに関しては，異なる部品の形式番号でも同じ機能の同等品であればかまわない．

記号	部品名	型名・備考	数量
R_1, R_2, R_5, R_6	抵抗	4.7k 1/6W	4
R_3	抵抗	1M 1/6W	1
R_4	抵抗	1k 1/4W	1
C_1, C_2	電解コンデンサ	47 μ F 16V	2
C_3, C_{13}	セラミック積層コンデンサ	0.1 μ F	11
OSC ₁	セラミック発振子	4MHz・コンデンサ内蔵タイプ	1
D ₁	発光ダイオード	3mmのもの	1
U ₁	三端子レギュレータ	78L05	1
U ₂	RS-232C レベル・コンバータ	ADM232AAN	1
U ₃	EEPROMメモリ	24LC256	1
U ₄	加速度センサ	ADXL202E	1
U ₅	PIC	PIC16F84A	1
SW ₁ , SW ₂	スイッチ	タクト・スイッチ	2
	RS-232C コネクタ	D-sub9P メス・L字型	1
	ICソケット	18ピン(PIC16F84A用)	1
	ICソケット	16ピン(ADM232AAN用)	1
	ICソケット	8ピン(24LC256, ADXL202E用)	2
	ユニバーサル基板	5×7cm くらいのも (ICB-288G サンハヤトなど)	1
V	電池	9V (006P)	1
	電池スナップ	006P用コネクタ	1
SW	電源スイッチ	小型スイッチ	1
	配線用リード線		適宜

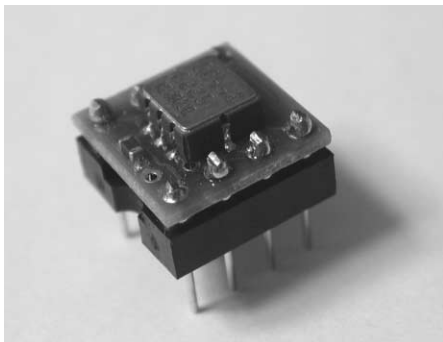


写真2-1 加速度センサ・モジュール

加速度センサADXL202Eは5mm角の非常に小さい部品で、はんだ付けが困難。8ピン・ソケットと同じ大きさの基板にはんだ付けされているモジュールが入手可能(秋月電子通商)なので、これを使う。

注)後に、基板をアルミ・ケースに入れる方法を解説します。追加で必要な部品類は表2-3にリストアップしています。

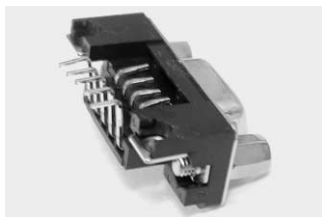
部品リストに従って部品を集めます。加速度センサADXL202Eは小さな(5×5×2mm)表面実装部品で、その取り付けは非常に細かく、難しいはんだ作業となってしまうのが難点です。しかし、この部品があらかじめ小さなプリント基板に取り付けられているモジュールが市販されています(秋月電子通商、<http://akizukidenshi.com/>)。このモジュールはICソケットと同じピン配置のピンが取り付けられており、8ピンのICと同様に扱うことができ大変便利なので、これを使用することにします(写真2-1)。

● 回路を作る

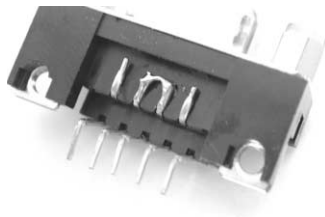
今回もユニバーサル基板を使って回路を作ります。まず、ICなど大きい部品をどのあたりに配置するか決めます。大まかな配置を決めたら電源部を作り、+5VとGNDのラインを伸ばしていくところから始めるとスムーズに進められると思います。部品数が多いので、回路図を入念にチェックしながらはんだ付けしていきます。

ICのピン番号は、裏表で混乱することもありますから、とくに気をつけましょう。D-sub9Pコネクタを取り付ける方法については写真2-2を見てください。

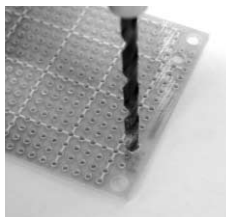
ランド面(裏側)のはんだ付けのみでは、配線が交差する箇所を作るのは不可能です。そのような場合、基板表側からリード線を使ってジャンプ配線します。



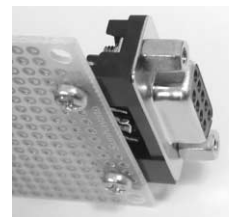
(a)



(b)



(c)



(d)

写真2-2 D-sub9Pコネクタの取り付け

D-sub9Pコネクタは、(a)まずピンを取り付け面と水平になるようにL字型に曲げる。(b)7番、8番ピンをはんだ付けする。(c)ネジ穴にあうように基板に3mmの穴をあける。(d)3mmネジでコネクタを取り付ける。