

毛穴から入ってこない

改訂第1版

勝手口から^{*1}
の
電子工作入門

*1:裏口からではないのである

0.目次

1.はじめに	4
2.電子工作を分類してみる	5
3.マイコンとは何か	6
4.マイコンで何ができるか	7
5.どのように作っていくか	8
5-1.製作工程	8
5-2.マイコンの選び方	9
5-2-1.代表的なマイコンとその特徴について	9
5-2-2.フィジカルコンピューティングプラットフォームについて	10
5-3.ソフトウェアの開発について	11
5-3-1.アセンブリ言語vs.C言語	11
5-3-2.PCとマイコンの違い	12
6.様々なパーツを知ってみる	13
6-1.抵抗	13
6-2.コンデンサ	13
6-3.コイル	13
6-4.トランジスタ	13
6-5.ダイオード	14
6-6.発光ダイオード	14
6-7.フォトトランジスタ	14
6-8.モータ	15
6-9.スピーカ	15

6-10.圧電素子	15
6-11.水晶発振子	15
6-12.コンデンサマイク	16
6-13.ロジックIC	16
6-14.オペアンプ	17
6-15.その他の部品	17
6-15-1.キャラクタ液晶表示器	17
6-15-2.USB-UART変換IC	17
6-15-3.加速度センサ	18
6-15-4.MP3デコーダIC	18
7.参考になる（と思われる）URL	18
8.あとがき	19

1.はじめに

本書は「勝手口からの電子工作入門」と銘打ってはいますが、実際のところ「マイコン電子工作」入門です。そしてあくまで「電子工作入門」ですから、基本的なコンピュータ用語に関する説明は省略しています。一応、メインターゲットとしては「C言語はある程度使えるが、マイコンはよくわからない情報系の学生」を意識しているつもりです。ですので、プログラムに関してはさほど丁寧な説明はありません。これを読みながら発生した疑問点は自ら調べてみることをお勧めします。（もちろん、間違っていると思われる記述に関しては筆者までご連絡いただければ幸いです。）

2.電子工作を分類してみる

電子機器、という括りで見ると、携帯電話やコンピュータから炊飯ジャーに冷蔵庫、と
いように、かなり幅の広い分類になるように、電子工作も、全体でひと括りで見るととて
つもなく大きい世界になってしまいます。と、いうわけで、筆者の独断と偏見に基づい
て、電子工作で作るものを大まかにジャンル分けして、表にまとめてみました。

表1.電子工作の各ジャンルとその説明

ジャンル	特徴	代表的作例
アナログ低周波系	主にAF (20Hz~20kHz) 程度を扱う。	オーディオアンプ、エフェ クタなど
アナログ高周波系	主にRF (数十kHz~) を扱 う。場合によってはかなり シビアな回路を作ること になる場合もある	ラジオ、通信機など
デジタル系	マイコンやロジックIC等を 組み合わせて回路を作る。 場合によってはハードウェ アだけでなくソフトウェア を作る必要がある。	ライントレーサ、電子オル ゴール、MP3プレーヤなど
ハイブリッド系	デジタル系とアナログ系を 両方応用する。	音声や映像信号のデジタル 処理装置など

・ ・とまあこんな感じですが、あくまで筆者の独断と偏見であるので、参考程度にとどめ
ておいてください。

さて、今回はこの4ジャンルの中で2011年現在電子工作入門として最もメジャーだと思
われるマイコンを応用したデジタル系電子工作をメインに話を進めて行きたいと思いま
す。

3.マイコンとは何か

マイコンは「マイクロコントローラ」あるいは「マイクロコンピュータ」の略で、その名の通り、小さい制御装置やコンピュータの事です。

昔のマイコンは現在のPC等と同じように、CPU、メモリなどなどを個別に買ってきて接続していくという作業が必要でしたが、現在主流の「ワンチップマイコン」と呼ばれるマイコンは1つのICの中にCPU、プログラム格納用メモリ（PCのHDDに相当）、データ保管用メモリ（PCのメインメモリに相当）、周辺機能などを詰め込んでいます。これによって機器の小型化や、わずかな部品数で多様な制御をすることが可能になりました。

また、通常のエレクトロニクス回路と違い、プログラムを書き換えるだけで別の動作を行わせることが可能であるので、複雑な電子回路をあまり考えずに済むという利点も持っています。たとえばLEDを0.5秒間隔で点滅させる回路を、LEDを0.5秒間隔で5回点滅させた後に、1秒間隔で10回点滅させるといった動作をする回路に変更するとき、マイコンを使用した回路であればプログラムを編集して書き込むだけで済みますが、トランジスタなどの個別部品で作った回路でこれを実現するのは非常に大変です。

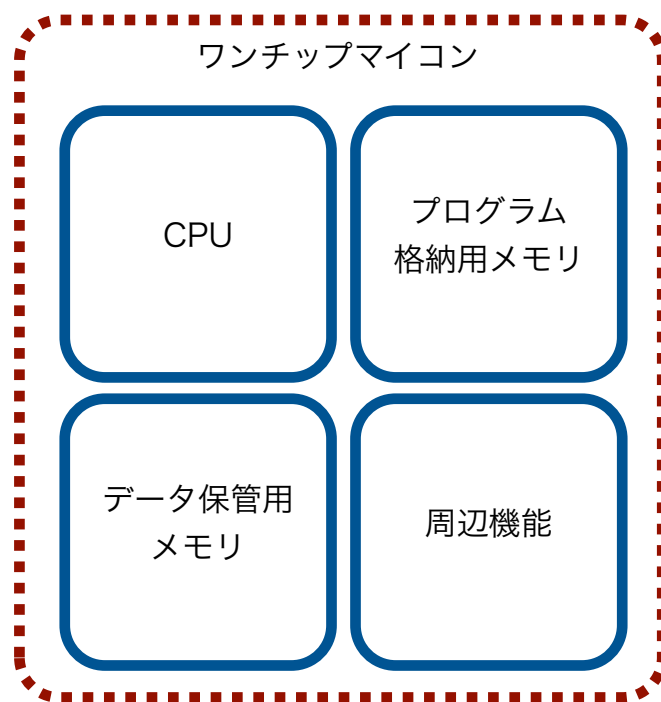


図1.ワンチップマイコンは全部入り

4.マイコンで何ができるか

マイコンで何ができるかと言っても、基本的にはどれくらい知識があるかで大きく変わってくると思います。というわけで、これまた筆者の独断と偏見で難易度別に製作例を表にしてみようと思います。

表2.マイコン電子工作の難易度別分類

難易度	製作例	
5(高い)	カラーグラフィック液晶搭載ゲーム機 小型コンピュータの自作	面実装部品は当たり前の上、ハード・ソフトともに技能を要求されるレベル。 長期的な目標にするにはいいのかもしれませんが。
4	MP3プレーヤ 電光掲示板 ワンボードマイコン (Z80など、昔のCPUを使用した回路) 複雑な制御を要求するロボット (二足歩行ロボットの完全自作など)	配線量が非常に多かったり、面実装部品などをどうしても使用する必要が出てくるレベル。マイコン側のソフトウェアもそれなりの規模になってくるでしょう。
3	デジタル時計 電子オルガン/オルゴール センサ2~4個のライントレーサ RCサーボモータ1~2個の制御	現在ではマイコンを使わずに製作するメリットはないと思われるレベル。
2	RGB3色LEDの点滅、マトリクスLEDやLEDCubeの点灯制御	1の物より多少配線量と部品数が増えた物が該当。マイコン使わないと面倒かな?、というレベル。
1(低い)	LEDチカチカ	マイコンを使わなくても比較的容易に製作できるレベル。

5.どのように作っていくか

5-1.製作工程

どのように作っていくか、というのも、人によって様々あると思うのですが、筆者が製作を進める時のやり方を参考までに書いておこうと思います。

1.何を作るか考える	何を作りたいのか考える。普通なら作りたい物があるから「製作しよう!」となるので、往々にして製作開始時にはこの工程は完了している。
2.仕様の洗い出し	どんな機能が欲しいのか、必要な条件を洗い出す。例えばデジタル時計であれば桁は何桁なのか、時計だけでいいのか目覚まし機能をつけるべきなのか、などなど。
3.設計	実際にハード/ソフトウェアを設計する。ハードウェアでは、どんな部品を用いて、どんな回路にするのか検討していく。当然、入手できない部品を使用しても製作できないので、十分に入手性なども考慮して検討していく。多くの場合、検討の要素として使ったことがある部品か否か、値段はどのくらいか、などが続く。 設計中にどうしても無理な条件が出てきた場合は、2.に戻って仕様を考え直す。 ソフトウェアは、2.で決定した仕様に基づいて、どのような流れで処理をすべきか考える。
4.実製作	実際に製作する。3.で設計した通りにハード/ソフトウェアを実装していく。必要に応じて動作確認などを行いつつ、完全に動作するようにする。
5.完成	完成したら実際に使ってみたり更に改造してみたり友人に見せびらかしてみるなりご自由に。

とりあえずこんな工程が一般的かと思われます。ネタ目的での製作の場合、ちょっと特殊で、目的となるネタがあるために1.は既に終わっていますが、2,3の工程が若干変わっていて、鮮度が重要なネタ物は、できるだけ手持ちの部品を使ってすぐに実製作に取りかかれるようにして製作に要する時間を短縮するために、手持ちの部品でできる範囲に仕様をあえて制限して製作することもあります。

慣れてくると、部品店で衝動買いした部品を使うために何か作るという逆転現象が起こり、1,2,3の工程が平行して行われることもままあります。

5-2.マイコンの選び方

5-2-1.代表的なマイコンとその特徴について

さて、実際にマイコンを使って何かを製作するためにはマイコンを入手せねばなりません。秋葉原等で比較的入手が容易なマイコンとして、Microchip社のPIC、Atmel社のAVR、ルネサス エレクトロニクス社のH8マイコン等があります。2011年現在では、ARM系統のマイコンもかなり入手が容易になってきました。H8マイコンやARM系統のマイコンは前者2つに比べると性能が高い反面、価格も少し高いです。代表的なマイコンとその特徴を表3に示します。

表3.代表的なマイコンとその特徴

マイコン名 (社名)	特徴
PIC (Microchip)	かなり昔から存在するため、ユーザー層が厚くWeb上の作例も多い。しかしアセンブリ言語による作例が多い。 6ピンしかない10Fシリーズから非常にピン数の多い24Fシリーズまでのいくつかのシリーズに分けることができる。各シリーズ間の(機械語レベルの)互換性はない事に注意したい。
AVR (Atmel)	PICより後発のマイコンのため、国内ユーザーによる作例の数では若干PICに劣る。大半の品種でGCCが使用できるのでC言語による作例が圧倒的に多い。 小型のtinyシリーズと中～大型のmegaシリーズがある。こちらでも最少ピン数は6ピン。
LPCシリーズ (NXP)	ARM社のCPU「Cortex-M4/3/0」を搭載したマイコン。上記2つに比べて性能が良いが、ピン数が多く、表面実装品のみの販売であるので、慣れないうちは実装済みボードを購入することになる。当然価格もそれなり。
STM32シリーズ (ST)	特徴は上記のLPCシリーズとほぼ同様。搭載CPUはARM社の「Cortex-M3」だが、LPCシリーズ向けのソフトウェアをそのまま変更無しに実行できるとは限らない。(実行できる場合もある)
H8シリーズ (ルネサス)	比較的古くから国内で使われているマイコン。LPC/STM32シリーズとPIC/AVRの中間あたりの性能。比較的ピン数が多い品種が多いので多数の素子を制御する場合によく使われている。基本的に表面実装品であり実装済みボードを購入することになる点は上記2つと同様。
PSoC (Cypress)	かなり異端児なマイコン。マイコンなのにもかかわらずオペアンプ等を内蔵しており、簡単なフィルタ回路や増幅回路等のアナログ回路を外付け部品無しで構成できるという特徴を持つ。

CPUの性能のみならず、どのような周辺機能（A/Dコンバータ、外部との通信機能、各種波形の生成機能など）が内蔵されているかということも重要なポイントです。ソフトウェアを使ってハードウェアで行っていた周辺機能を代替することが可能な場合もありますが、性能上の制約などからそれが不可能な場合も存在します。また、動作可能な電源電圧範囲も千差万別なので、自分の使用環境の電源事情も併せて考慮する必要があります。

マイコン本体の特徴に加えて、開発環境もマイコン選びにおいて重要な要素です。開発環境というとソフトウェアの事のように聞こえてしまいがちですが、マイコンの場合、PC等で製作したプログラムをマイコンに書き込む「書き込み器」などのハードウェアも必要になります。書き込み器は自作できる場合も多いですが、純正品も数千円で入手できる場合があります。予想外の出費とならないよう、価格を調べておきましょう。

ソフトウェアに関しては、C言語での開発の自由度（純正コンパイラは有償であるか、無償であるか、GCCは対応しているか）等がまちまちであるので、よく調べるようにしましょう。

5-2-2.フィジカルコンピューティングプラットフォームについて

5-2-1で書いた、単品のマイコンを使って電子工作をするのは少し敷居が高い、という人には、Arduinoなどのフィジカルコンピューティングプラットフォームがおすすめです。

Arduinoは、マイコンとその周辺機器（電源回路、外部接続のためのコネクタなど）を1つにまとめた基板と、専用の開発環境から構成されています。専用の開発環境では簡素化されたC言語風の言語を使いプログラムを開発します。この際、マイコンのみならずその周辺の仕様がある程度規定されているため、様々な既存のライブラリを使用することが出来るという強みがあります。ですから、通常の製作以外にも、アイデアを素早く実体化する必要があるときや、基礎実験のための試作などにもArduino等は有効です。

一方、マイコンと周辺回路の接続仕様がある程度規定されてしまうということは、一つ制限が加わるということでもあります。使いやすさを優先している以上、マイコンの100%の機能を出し切るのは難しいというわけです。ですから、フィジカルコンピューティングプラットフォームを使って試作などを行い、物足りなさを感じてきたら単品マイコンへ移行するというのも良いでしょう。

5-3.ソフトウェアの開発について

5-3-1.アセンブリ言語vs.C言語

マイコン上で動作するソフトウェアの開発は、主にC言語やアセンブリ言語で行われます。各言語の比較を表4に示します。

表4.マイコンを使う上でのアセンブリ言語とC言語の比較

言語名	長所	短所
C言語	<ul style="list-style-type: none">・比較的人間が理解しやすい・移植性（他のマイコン等への移行のしやすさ）が高い	<ul style="list-style-type: none">・動作タイミングがコードから直接推測できない・コンパイラがそのマイコンに最適化されていないと、アセンブリ言語に比べてプログラムサイズが大きくなり、実行速度も落ちる
アセンブリ言語	<ul style="list-style-type: none">・機械語にほぼ一対一で対応しているため、動作タイミングを推測しやすい・（能力があれば）速度やプログラムサイズを細かく調整しながらプログラムを作成できる	<ul style="list-style-type: none">・移植性が非常に悪い・C言語に比べて人間が理解しにくい・習得してもそのマイコン以外で使うことができない

表3を見て分かるように、ちょっとした製作であれば、アセンブリ言語で製作する意味はあまりないでしょう。昔、PCの性能が低く、C言語のコンパイラの性能も低かった時代には、人力で仕上げたアセンブリ言語の方が速く動作し、小さいプログラムサイズとなる事は良くあったようですが、現在ではコンパイラの性能がいいので、そこまでプログラムサイズや速度が問題になることは多くないでしょう。（逆に言えば無いとは言い切れない）

5-2-1で取り上げたどのマイコンも、C言語/アセンブリ言語の両方で開発することが可能です。

5-3-2.PCとマイコンの違い

マイコン上で動くソフトウェアの作り方は基本的にはPC上で動くソフトウェアの開発と同じですが、PCと違って、マイコンには潤沢なメモリや計算性能がある訳ではないので、いくつか注意すべき点があります。

まず、PCとマイコンの比較を表5に示します。

表5.PCとマイコンの比較

	PC	マイコン
サイズ	大きい	小さい
計算性能	非常に高い。	PCに比して低い
メモリ	多い（数百MB～）	少ない（数十Byte～）
記憶装置	HDDなど。容量は大きい（数十GB～）	フラッシュメモリなど。容量は小さい。（数Byte～数百KB）

具体的に注意すべき点を挙げていくと、

- ・力技で計算させない（よく考えて計算量をできるだけ減らす）
 - ・メモリは大切に使う（変数は格納する値の大きさを考慮して宣言する）
 - ・大量のデータは扱いにくい（記憶装置の容量が小さいため）
 - ・乗除算は減らす（PCと違い、乗除算はそもそも命令が無く、足し算引き算の集合で構成している場合もあるため。これは各マイコンによって差があるので仕様書等を見る必要がある）
 - ・浮動小数点は使わない（PCと違い、浮動小数点処理機能が無いため、浮動小数点を用いると非常にプログラムサイズが大きくなり実行速度も落ちる）
- などがあります。

6.様々なパーツを知ってみる

さて、実際に何か製作するためには、マイコンだけではなく周辺に回路を接続する必要があります。というわけで、よく使われる部品類を紹介していこうと思います。

6-1.抵抗

中学理科で習うので理解しているとは思いますが「電流を流れにくくするもの」です。抵抗Rは $R=V/I$ で求められます。

6-2.コンデンサ

コンデンサは日本語名「蓄電器」という名前が示す通り、電気を蓄える部品です。いろいろと細かい話もありますが、マイコンで使うぶんにはとりあえず、

- ・交流を通して、直流を通さない

という性質を覚えていてもらえればいいかと思います。

コンデンサには極性のある電解コンデンサや、容量の小さいセラミックコンデンサなどがあります。

6-3.コイル

コイルは導線を巻いた物で、コンデンサと逆の働きをします。つまり、

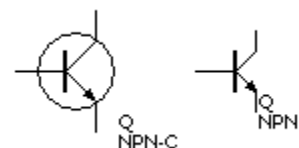
- ・直流を通して、交流を通さない

という性質があります。

マイコンを用いた電子工作ではあまり使用されませんが、コイルには電圧を加えた方向と逆の方向に電圧が生じるという性質があることは覚えておいてください。

6-4.トランジスタ

右にトランジスタの回路図記号を示します。トランジスタの働きは「電流をコントロールすること」です。また、トランジスタには端子が3つあります。1番上側の何もついていない端子が「コレクタ」（場合によっては「C」と表記されます）、真ん中の太い縦棒から出ている端子が「ベース」（同じく場合によっては「B」と表記）、1番下の矢印のある端子が「エミッタ」（場合によっては「E」と表記）です。



トランジスタには図にあるNPN型の他に、PNP型があります。

トランジスタはベースからエミッタに流れる電流によって、コレクタからエミッタに流れる電流量を制御することができます。

このとき、（ベース～エミッタ間の電流）<（コレクタ～エミッタ間の電流）となり、小さい電流で大きな電流を制御することができます。

マイコンから直接電流をモータ等に流せば良いのではないかと思うかもしれませんが、マイコンはあまり大きな電流を流すことができません。（LEDを数個光らせる程度。あまり流すとマイコンが破損します。）なので、大電流に対応できるトランジスタを使って、

(注:あまり大電流を流せない「小信号用」のトランジスタもあります) モータ等に流す電流をコントロールします。

他にもFET (Field Effect Transistor:電界効果トランジスタ) と呼ばれる素子があります。これは、ベースの代わりとなるゲートとエミッタの代わりとなるソースの間にかかる電圧で、コレクタの代わりとなるドレインからソースへ流れる電流を制御できる素子です。FETの一種であるMOSFET (MOS: Metal Oxide Semiconductor:金属酸化物半導体) は大電流を扱いやすいので、モータの駆動回路等に使われたりします。

6-5. ダイオード

ダイオードは、電流を一方向にのみ流す素子です。右にダイオードの回路図記号を示します。三角の先の横棒がついている側がカソードと呼ばれる端子で、反対側がアノードと呼ばれる端子です。電流はアノードからカソードに流れます。電源回路など、様々なところで応用される素子ですが、基本的にはこの作用しかしないので、電流を一方向にのみ流すということだけ覚えていればいいでしょう。



6-6. 発光ダイオード

発光ダイオードは皆さんご存知かと思いますが、電流を流すと光を放つダイオードです。

ダイオードとしての性質はきちんと持ち合わせており、一方向にしか電流を流しません。

発光する光の波長は線の検出やリモコンの通信などに応用される赤外線のものから、紫外線を発する物まで多種多様なものがあります。



6-7. フォトトランジスタ

フォトトランジスタは光を当てると電流が流れる素子です。光の量に応じた電流が流れるため、明暗を電流の変化に置き換えることができます。

同じような働きをする素子にCdSセル (硫化カドミウムセル) というものがあり、こちらは光が当たると抵抗値が下がるという性質があります。しかし、名前が示す通り、材料が有害物質の硫化カドミウムであるため、欧州では既に使用が禁止されている等、これからは入手しにくくなる可能性がある素子なので、できるだけフォトトランジスタを使っていくほうがよいでしょう。

発光ダイオードと組み合わせて、フォトインタラプタという名前の部品として売られている場合もあります。

6-8. モータ

言わずと知れた電流を流すと回転運動をする素子です。

モータはコイルの集まりなので、コイルの項で書いたように逆起電力が発生します。逆起電力が様々なところに影響を及ぼさないように、モータを駆動するトランジスタには並列にダイオードを接続します。逆起電力なので、トランジスタが電流を流す方向とは逆方向に電流を流すようにダイオードを接続します。

また、モーターの整流子と回転子の接続部分からノイズが発生するので、モータの端子間にはセラミックコンデンサを接続し、ノイズとなる成分を吸収するようにします。

6-9. スピーカ

これもまた言わずと知れた適切な電気信号を加えると音が出る素子です。

非常に電流が流れるので、通常はトランジスタや専用のアンプIC (LM386、NJM2073等) を介してマイコンと接続します。

6-10. 圧電素子

圧電素子は防犯ブザー等に使用されている素子で、セラミックに電圧をかけると形状が変化するという piezo 効果を利用した素子です。この効果を利用して、スピーカ代わりに使うことができます。また、スピーカと違い、マイコンから直接制御することが可能です。そのかわり、音質はそれほど良くありません。

電圧をかければ変形する作用の反対も起こり、形状を変化させる（力を加える）と電圧が取り出せるという性質があります。この性質を応用して、電子ドラムなどの叩かれた振動を検知するセンサとして使用されることもあります。

6-11. 水晶発振子

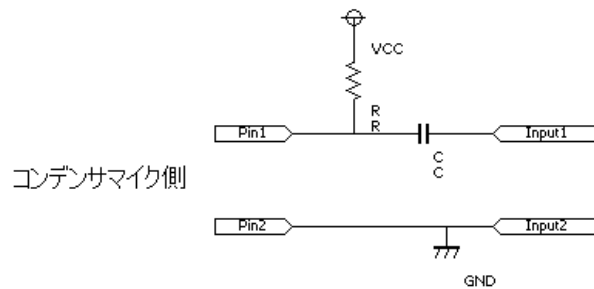
水晶発振子はその水晶発振子固有の周波数の信号を作り出す素子です。

「Pentium4 3GHz」といった具合にCPUが動作するためには動作のタイミングを決めるための信号が必要です。マイコンも同じで、動作のタイミングを決めるための信号が必要です。PC向けのCPUと同じように、動作タイミングを決める周波数が高い方が、処理性能は高くなります。各マイコンごとに最高動作周波数は決まっていますから、仕様書を良く読んで確認しましょう。

水晶発振子がなくても、タイミングを生成する回路を内蔵しているマイコンもありますが、内蔵の発振回路はあまり正確ではないので、時計等、正確な動作タイミングを要求される物に関しては水晶発振子を外付けするとよいでしょう。

6-12.コンデンサマイク

コンデンサマイクというのは、携帯電話のイヤホンマイク等に使用されている小型のマイクです。2端子型というタイプが良く使用されます。電源供給と信号の伝達で端子を兼用しているために2端子で済み、配線の本数を減らすことができるという利点があります。下の図に示配線をする事によって音声を取り出すことができます。コンデンサマイク側の2端子のうちどちらをGNDに接続するかは仕様書に記載があると思います。



6-13.ロジックIC

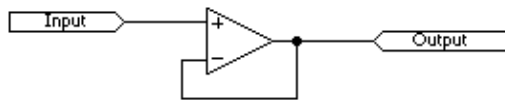
ロジックICというのは、論理回路を納めたICです。代表的なものに74シリーズと呼ばれるものがあります。NOTの集まりから単純な計算器まで様々な機能が存在します。

74LSや74HCといった具合に74の後に2文字ないし3文字のアルファベットがつくことがあります。これは性能や扱える電圧の種類を示しています。とくにシビアな特性が要求されないのであれば、HCタイプ (High-speed Cmos) かLSタイプ (Low-power Shottkey) で良いでしょう。74シリーズは様々な種類があるので、規格表等をチェックして用途にあったICを探しましょう。ただし、規格表に載っていても入手性が悪い場合もあるので、そこは考慮しましょう。

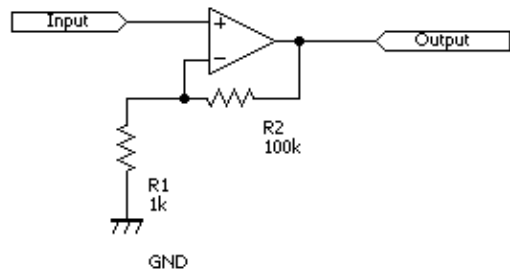
ちなみに、74シリーズのICはとても安価な場合が多いです。複雑な機能の場合は数百円しますが、大概の場合数十円で購入できます。マイコンのピン数が足りない場合や、ちょっとした論理の反転など、上手く使うと非常に便利なICが揃っています。

6-14. オペアンプ

オペアンプというのは「オペレーショナル・アンプリファイア（演算増幅器）」の略で、その名が示す通り、昔は計算機として用いられていました。簡単に任意の増幅率を持った増幅回路を作ることができるので、センサからの入力などを増幅するのに便利です。しかし、5Vだけで動作する品種は限られてくるので、ICの選定は仕様書をよく見てみましょう。下の回路図に簡単な使い方を示します。



このとき増幅率1倍。
この回路を特別にボルテージフォロアと呼ぶ。



増幅率 $=1+R2/R1$
この図の場合 $100001/1000 \div 100$ 倍となる。

6-15. その他の部品

その他、使用するかもしれない部品を紹介しておきます。

6-15-1. キャラクタ液晶表示器

キャラクタというのは文字のことで、その名が示すように文字を表示する液晶です。専用のコマンドをマイコンから送信してやるだけで英数字とカタカナを表示できるので、簡単に情報を表示できるので便利です。

6-15-2. USB-UART変換IC

USBは言わずと知れたPCの通信規格で、UARTというのはマイコン等で良く用いられるシリアル通信の規格です。USBで直接通信するのはかなり専門的な知識を要求されますが、USB-UART変換ICを使うことによって、簡単にUSBでPCと接続できる回路を作成できます。PCからはCOMポートに接続されている機器として扱われます。つまり、TeraTermやハイパーターミナルなどで通信内容のモニタが可能で、USB機器が簡単に作成できるわけではありませんが、シリアル通信の速度程度で十分な場合も多いです。しかし、USB-UART変換ICは面実装なので、使いやすいモジュールが各社から発売されています。

6-15-3.加速度センサ

Wiiなどに搭載された加速度を検知する素子です。出力は加速度に比例した電圧が出力される物と、デジタル信号で数値が出力される物の2種類があります。

6-15-4.MP3デコーダIC

その名前の通り、MP3データを送り込むと、音声データを出力してくれるICです。

面実装だったり仕様書をよく読まないと使えなかったりしますが、そのうちに挑戦してみるにはいいかもしれません。

7.参考になる（と思われる）URL

どんな物を作ろうか考える上で、様々な作例を見た方がいいかなと思いますので、いくつか参考になると思われるページを掲載しておきます。

http://elm-chan.org/index_j.html 「えるむ」:様々な作例があります。概してハイレベル。

<http://jp.makezine.com/>: 「Make:Japan」:オライリーのDIY雑誌「Make:」の公式サイト。

<http://www.nicovideo.jp>: 「ニコニコ技術部」 タグ:ニコニコ動画の「ニコニコ技術部」 タグがついている動画群。プロからアマチュアまで様々なレベルが混在しています。

<http://akizukidenshi.com/catalog/default.aspx>:秋月電子通商:秋葉原の部品店。一癖も二癖もある品揃えが魅力。PICもAVRもH8もここが安いです。

<http://www.sengoku.co.jp/>:千石電商:秋葉原の部品店。無難な品揃えで安心できます。

と、このくらいにしておきます。後は自分で発掘してみてください。

8.あしがき

さて、「勝手口からの電子工作入門」はいかがだったでしょうか。さすがにこれを読むだけで何かが作れるようになる、とは私も思っていないが、「マイコンでどんな物を作ることが出来るのか？」というようなことが何となく分かって頂けたら幸いです。

誤字や間違った記述がありましたらぜひ筆者までご連絡ください。

2011/06/12 改訂第1版発行に当たって R.Suzuki

奥付

発行日

2009/07/12 初版

2011/06/12 改訂第1版

発行者

R.Suzuki

連絡先

jaltye@jarl.com

この文書は

クリエイティブ・コモンズ 表示 - 非営利 2.1 ライセンス
の下に提供されています。

上記のライセンスに従う限り、転載や配布等の連絡は不要ですが、
連絡を頂けると筆者の励みとなります。