

第2部 応用インターフェース

第6章

各種A-Dコンバータ, アナログ入力の増幅・切り替え・演算, 絶縁型インターフェースなど

A-Dコンバータとアナログ入力の インターフェース

6

光、音、動きなど、現実の物理量をマイコンで扱うにはアナログ量をデジタル値に変換しなければなりません。一口にA-D変換といっても、コンパレータを使った簡易なものから、高速・高精度なものまでさまざまです。最近のセンサは、マイコン・インターフェースを考慮しているためデジタル・インターフェースだけで接続できるものもありますが、それでもアナログ信号を扱う前段でちょっとした増幅、切り替え、演算などが求められます。そこで本章ではアナログ信号をマイコンに入力するためのインターフェースについて説明します。

6-1 PWMとコンパレータによるA-D変換

■ A-Dコンバータを内蔵していないマイコンで簡単なA-D変換を実現する

このような場合、PWM発生機能とアナログ・コンパレータを利用して実現する方法があります。PICマイコンではPIC16F628などが双方の機能をもち合わせているデバイスです。

アナログ・コンパレータとD-Aコンバータを組み合わせたA-Dコンバータは図6-1-1のような構成です。D-Aコンバータで作り出した基準電圧と入力電圧をコンパレータに入力して数値を得るしくみです。

■ 回路

図6-1-2のようにPWM出力をCRによるローパス・フィルタに通して直流化し、アナログ・コンパレータの非反転入力に加えます。被測定電圧は反転入力に加えます。アナログ・コンパレータは動作速度が速

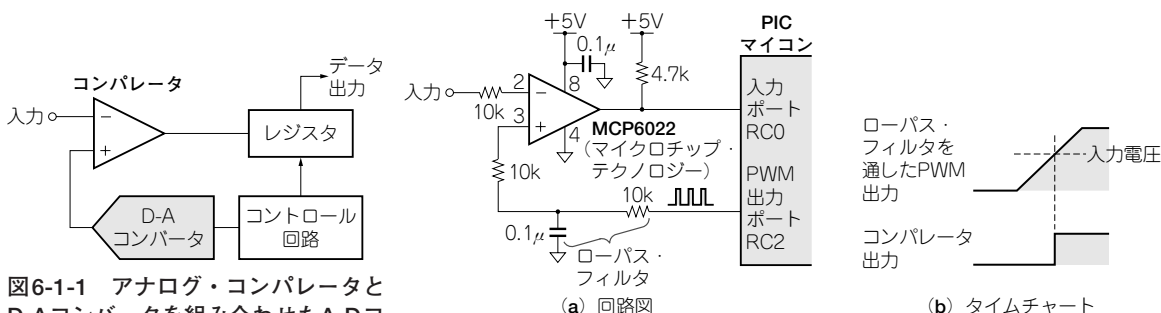


図6-1-1 アナログ・コンパレータとD-Aコンバータを組み合わせたA-Dコンバータの基本的な構成

図6-1-2 PWMとアナログ・コンパレータによるA-Dコンバータ

リスト6-1-1 PWMとコンパレータによるA-D変換のプログラム [MA224 + コンパレータ回路, PIC18F452(10MHz), C18コンパイラ]

```
#include <p18f452.h>
#include <delays.h>
#include <pwm.h>

void main (void)
{
    unsigned int n=0;
    TRISC = 0b10111001;
    TRISD = 0;

    OpenPWM1(1023);          //Initial PWM

    while(1){
        for(n=0;n<1024;n++){
            SetDCPWM1(n);          //PWM0にパルス出力
            Delay10TCYx(10);       //フィルタの動作時間調整
            if(PORTCbits.RC0==1){  //コンパレータの変化を検出
                Delay10TCYx(10);
                if(PORTCbits.RC0==1) break; //再度検出
            }
        }
        Delay1KTCYx(20);          //Hold time
        SetDCPWM1(0);             //PWM0=off
        LATD = n>>2;              //Display to LED
        Delay1KTCYx(80);          //Reset time
    }
}
```

く、フィルタ後のPWM信号のリプルによって誤動作する場合があります。そこで、コンパレータの代わりに汎用OPアンプのMCP6022を使用しました。

■ プログラム

リスト6-1-1がプログラムです。PWM出力のデューティ比を徐々に大きくしていくと、ローパス・フィルタを通った出力電圧は徐々に増大します。その電圧をコンパレータに加えて入力電圧と比較して測定します。PWMは10ビットの分解能があるため、そのまま0から1023まで1ステップずつ上昇させます。この間にコンパレータ出力を監視して、LレベルからHレベルへ変化したらPWMの操作を中断します。

A-D変換結果はPWMのパルス幅設定値をそのまま使用し、上位8ビットをLEDに表示しています。表示前に少し時間待ちをしているのは波形観測のためです。また、表示の最後の時間待ちはコンデンサを放電する処理で、次の測定のためにPWMのデューティを急にゼロにしてもローパス・フィルタ出力がすぐにはゼロに戻らないからです。

■ 動作結果

図6-1-3は実測した動作波形です。これはE0hを出力した状態で、4.1Vを測定しています。測定終了から再スタートのためゼロに戻すとその応答に25ms程度かかっていることがわかります。図6-1-4はA-Dコンバータとしての直線性を示しています。おおむね直線的ですが、ゼロから0.3Vあたりまでは動作が不安定です。

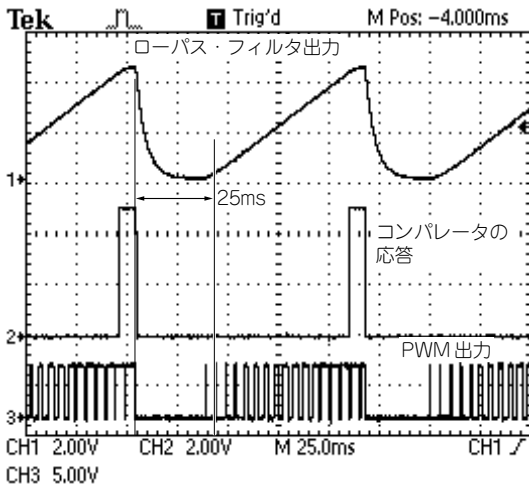


図6-1-3 動作波形(25ms/div., ローパス・フィルタ出力およびコンパレータの応答: 2V/div., PWM出力: 5V/div.)

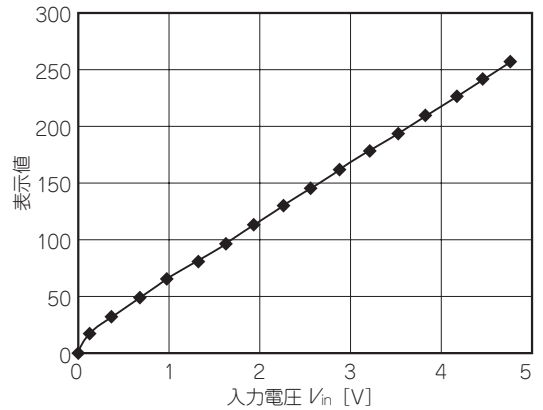


図6-1-4 入力電圧 対 表示値

6-2 A-Dコンバータの入力回路

■ 外部からの異常電圧に対する保護

装置外部からアナログ入力へ信号が加えられる場合、外部からの過大電圧や異常電圧が入力されても容易に破壊することのないよう保護回路を設けておくべきです。図6-2-1は簡単な例で、簡易的には直列抵抗だけでも十分効果がありますが、クランプ・ダイオードやコンデンサを入れると効果的です。

CMOSデバイスのアナログ入力ピンは、非常に高い入力抵抗をもっていますが、サンプル&ホールド回路が動作すると瞬間的にインピーダンスが低下します。PICマイコンでは約1k Ω 程度に低下するので、1k Ω より十分に低い抵抗を付けなければなりません。1k Ω を越える値の場合はチャンネル切り替え時のアクイジション・タイムに影響がありますが、この時間を大きくとれる場合は10k Ω の外付け抵抗でも問題なく測定できます。このような入力抵抗の問題を回避するには図6-2-2のようにバッファ・アンプを設けます。バッファ・アンプにはマイコンと同じ電圧範囲で動作する、単電源でレール・ツー・レール動作の温

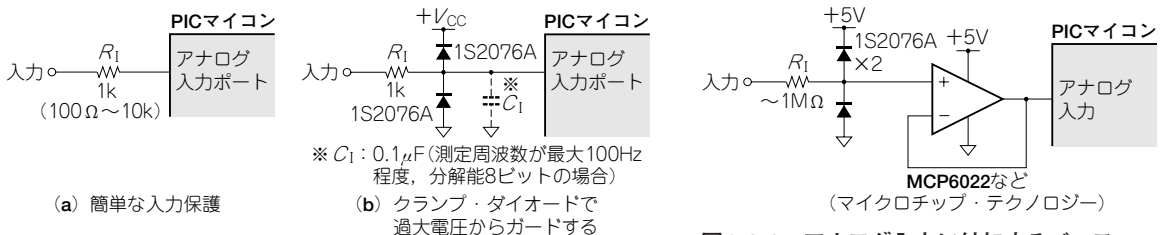


図6-2-1 A-Dコンバータの入力保護回路

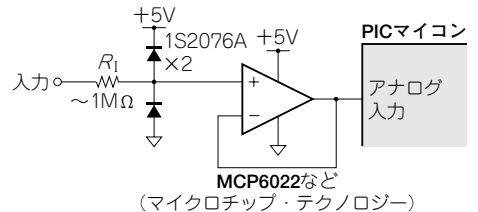


図6-2-2 アナログ入力に付加するバッファ・アンプ

度ドリフトが低いOPアンプを選択します。MCP6022はこの条件を備え、入出力ともレール・ツー・レールでコストも安いOPアンプです。バッファ・アンプを取り付けると入力インピーダンスは数MΩまで増大します。

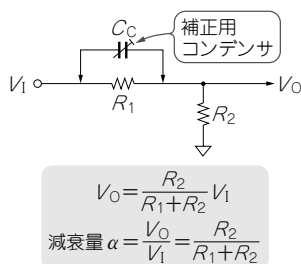
■ マイコンの電源電圧より高い電圧を測定するには分圧器を入れる

PICマイコンの内蔵A-Dコンバータは、マイコン自身の電源電圧範囲内の電圧しか測定できません。さらに高い電圧を測定するには抵抗器で分圧します。分圧器を構成する抵抗値は、被測定側のインピーダンスより十分に高くなければ計算どおりの分圧比が得られません。通常は10k~1MΩあたりの高抵抗で構成します。OPアンプによるバッファ回路がなく、直接A-Dコンバータに接続するときはあまり大きな抵抗値で構成できないことから、 $R_1 + R_2 = 5k\Omega$ 以下とします。

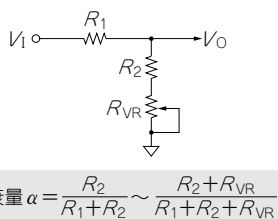
1/10の分圧比にするには $R_1 = 91k\Omega$ 、 $R_2 = 10k\Omega$ の抵抗の構成で約1%誤差の分圧回路になります。 $R_1 = 90k\Omega$ を使用すると誤差1%以下になります。抵抗器は金属酸化被膜抵抗器の誤差0.1~0.5%品、温度係数25~50ppm/°Cを使用します。安価な金属酸化被膜抵抗器は1%、100ppm/°Cあたりですが、温度範囲40°Cとして0.5%以下の範囲です。低コストの金属酸化被膜抵抗器でも2%以下の誤差になりそうです。

■ 周波数特性を考慮した分圧器

分圧器に高抵抗を使うと寄生容量などで周波数特性が悪化します。高域の周波数特性を改善するには、図6-2-3(a)のように R_1 と並列にコンデンサを接続します。 $R_1 = 100k\Omega$ と $R_2 = 10k\Omega$ で構成した1/10の分圧器の100Hzから10MHzの周波数特性を写真6-2-1に示します。写真(a)は100kHzあたりから特性が悪化



(a) 基本回路



(b) 可変抵抗器による減衰量の調整

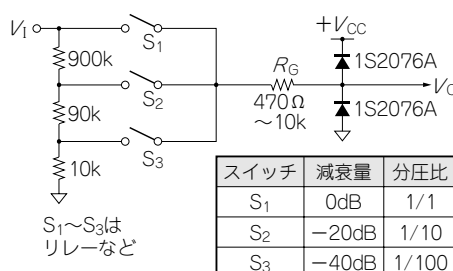
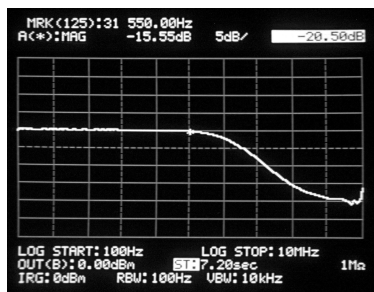
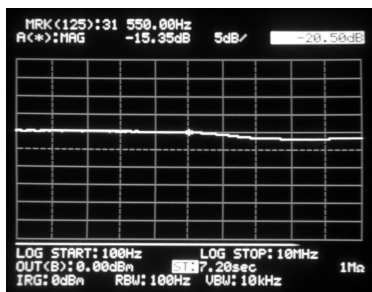


図6-2-4 3レンジの分圧回路

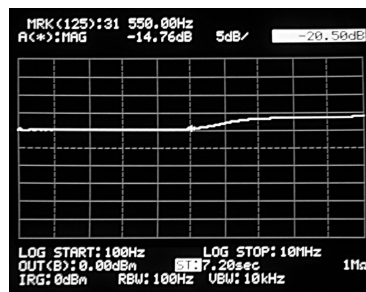
図6-2-3 分圧器の回路



(a) 補正コンデンサ C_C なし



(b) 改善後($C_C = 10pF$)



(c) 過補正($C_C = 20pF$)

写真6-2-1 分圧器の周波数特性(スパン: 100Hz~10MHz, 5dB/div.)