



PSoC マイコン活用講座

第3回 モータを静かに回転させる 疑似乱数 PWM の実験

桑野 雅彦
Masahiko Kuwano

今回は、PSoCの特徴的な機能である疑似乱数PWM (Pseudo Random Sequence - Pulse Width Modulation : PRS - PWM) を実験してみます。

通常のPWMは多くのワンチップ・マイコンに実装されていますが、PRS - PWMは初めて耳にする方も多いと思います。

図3-1は通常のPWM波形とPRS - PWM波形の比較です。このようにPRS - PWMを使用すると、周期的なピークをもたないPWM波形を出力することができます。では、実際にモータ(小型扇風機)をコントロールして、PRS - PWMを試してみることにしましょう(写真3-1)。

PWM制御の考えかた

● 電力効率の低い抵抗制御

電子回路によって、負荷の消費電力を多段階でコントロールしたいという場面は数多くあります。

身の回りに目を移しても、扇風機やヒータ、照明器具類など、さまざまな電力制御を目にすることができます。今回ターゲットとしたモータの場合には、電力

制御によってモータの回転数を変化させるようにしています。

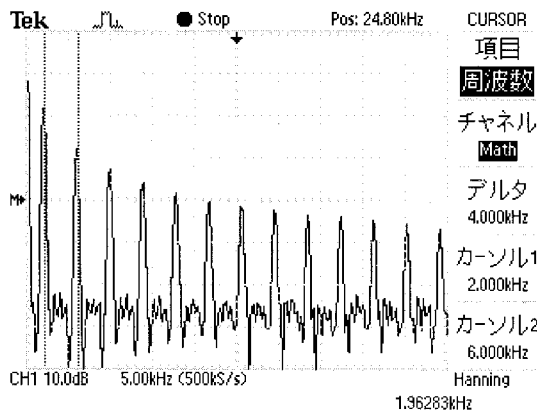
さて、このように電力を制御したいときに真っ先に思いつくのは、図3-2(a)のように抵抗を付けて抵抗の電圧降下を利用する方法です。

例えば、電源電圧が1Vで負荷が1Ωのとき、電源と負荷を直結すれば1Aの電流が流れ、消費電力は1Wとなります。ここで9Ωの抵抗を直列に入れると流れる電流は0.1Aとなり、負荷にかかる電圧は0.1V、消費電力は0.01Wとなり、1/100に減少します。

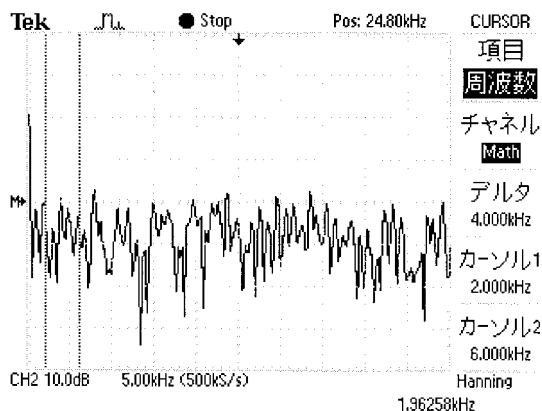
抵抗値を小さくすれば負荷の消費電力が上がり、大きくすれば消費電力が下がるので、非常に簡単で便利な方法ですが、問題は電力の無駄が多いことです。

先ほどの例でいくと、電源から供給される電力は0.1W (1V × 0.1A) ですが、このうち負荷で使われるのは先ほどの計算どおり0.01Wに過ぎません。残りの0.09Wは抵抗で熱として捨てられてしまうわけです。抵抗値が1Ωならば、負荷の消費電力0.25Wに対して抵抗の消費電力も0.25Wと電力としてもかなりの大きさです。

負荷の消費電力が大きくなると、抵抗で消費しなく



(a) 通常のPWM出力(5 kHz/div.)



(b) 16ビットPRS-PWM出力(5 kHz/div.)

図3-1 実験回路の出力信号のFFT波形(ONデューティはほぼ50%)

てはならない電力も大きくなるので放熱もたいへんです。

また、このような方法をワンチップ・マイコンに代表されるデジタル回路で実現しようとした場合には、可変抵抗をどのようにして実現するかということも頭を悩ませることになります。

● 電力効率の高いPWM制御

もう少し何とかならないのかということで考えられたのが、図3-2(b)のようにスイッチのON/OFFで制御する方法です。

先ほどと同じように電源が1V、負荷が1ΩとするとONのときの消費電力は1W、OFFのときは0Wとなりますが、たとえば1秒当たり0.5秒だけONにしてやれば、平均的な消費電力は0.5Wになるという考えかたです。

あくまでもON/OFFを繰り返しているだけなので、この周期があまりにも長いと、例えば照明ならば明るさが変わったのではなく単に点滅しているように見えてしまいます。しかし、十分に速い時間でON/OFFを繰り返せば、ボリュームによる制御と同じように連続的に電力をコントロールできるという理屈です。

先ほどの例で考えると、ON時のスイッチの抵抗はきわめて小さくできるため、消費電力もごく小さいものとなります。逆にOFFのときは電流そのものがほとんど流れないので、スイッチによる消費もありません。ON/OFFで制御、すなわちPWM制御すること

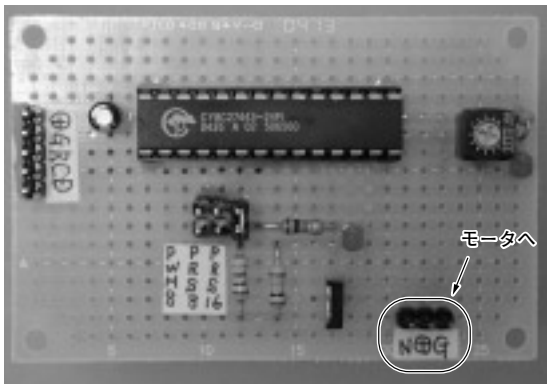


写真3-1 PSocで疑似乱数PWM波形を生成する実験基板

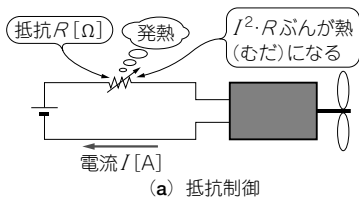


図3-2 電力制御の方法

で効率がきわめて良くなるわけで、消費電力の大きな機器の電力制御にも適した方法と言えます。

PWM 波形の生成方法

● 一般的なPWM波形の生成方法

一般的なPWM波形の生成方法は、図3-3のように、カウンタとコンパレータを組み合わせたものです。たとえば、カウンタがクロックごとに加算されていくアップ・カウンタであるならば、0から1ずつ増加していき、カウント値に達すると0に戻るといった動作をします。

ここで、パルス幅設定のレジスタの値と比較し、カウント値より小さければ‘1’、大きければ‘0’になるようにしておくと、PWM波形が得られることになります。

指定したカウント数ぶんカウントしたら初期値に戻ってカウントを継続するという機構は、一般的なワンチップ・マイコンに内蔵されているタイマ機能そのものであり、単に比較回路と比較用のデータ保持レジスタを用意するだけで実現できることから広く利用されています。

● PRS-PWMの波形生成方法

PRS-PWMの波形生成方法を図3-4に示します。図3-3でカウンタになっていたところが、LFSR（Linear Feedback Shift Register）疑似乱数生成回路となり、Poly値とSeed値を設定するようになっていところが異なります。

LFSRはLinear Feedback Shift Registerの略で、後で説明するシフトレジスタとXORによる論理演算

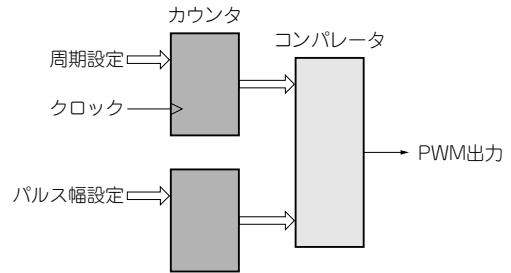
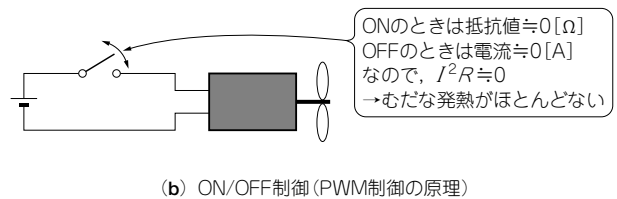


図3-3 一般的なPWM波形の生成方法



(b) ON/OFF制御(PWM制御の原理)