

第2章

マイコン PWM出力によるD-Aコンバータの実現

ロー・パス・フィルタの設計法

山田 浩之 Hiroyuki Yamada

近年のMCU(マイクロコントローラ…マイコン)には、各種機器との接続性を良くするために多くのI/Oインターフェースが用意されています。中でもPWM(Pulse Width Modulation: パルス幅変調)出力については、複数セットのI/O操作のために複数のPWM出力ユニットが用意されているケースも少なくありません。

本稿ではMCUに多く用意されているPWM出力ユニットを、MCUからのアナログ出力用D-Aコンバータとして応用する際の出力フィルタ設計について考察・実験してみることにしました。

PWM出力波形と出力電圧

● LPFの設計が重要

MCUに用意されているPWM出力と言うと、多くの方がモータ制御を思い浮かべるかもしれません。しかし、PWM出力の用途はモータ制御だけでなく、マイコンからアナログ値出力が必要となきにもしばしば利用されています。

PWM出力はロー・パス・フィルタ(LPF)を通すことにより、PWMの変調比…デューティ・サイクルを積分することになり、PWMに比例したDC電圧を得ることができるからです。図1にPWM出力とLPFを

介したアナログ出力との関係イメージを示します。

しかし、LPFは見ての通り、抵抗とコンデンサによる遅延(ディレイ)回路…積分回路でもあります。LPFの定数設計によってはアナログ電圧がPWMの設定値(整定値)に近づくのに時間がかかったり、アナログ電圧に大きなリプルが生じることになります。つまりこれらの特性はトレードオフであり、アプリケーションに合わせて適切なLPFを設計する必要があります。適当に何となくCRの定数を決めるのではなく、ちゃんとした計算によって定数を求めたいところです。

図1に示したように、パルス幅(T_H)はPWMレジスタに書かれた値に比例した長さとなります。周期(T)はPWMの分解能(ビット数)に応じて決定されます。そしてPWM波形をLPFによって平滑することでAC成分を取り除けば、パルス幅比に比例したDC電圧を得ることができます。平滑後のDC電圧 V_{OUT} は、

$$V_{OUT} = \frac{V_H \cdot T_H + V_L \cdot (T - T_H)}{T} \dots\dots\dots (1A)$$

となるので、 $V_H = V_{DD}$ 、 $V_L = 0$ ならば、

$$V_{OUT} = \frac{T_H}{T} \cdot V_{DD} = \text{Duty} \cdot V_{DD} \dots\dots\dots (1B)$$

が得られます。

本稿ではPWM出力段に挿入するLPFの定数の決め

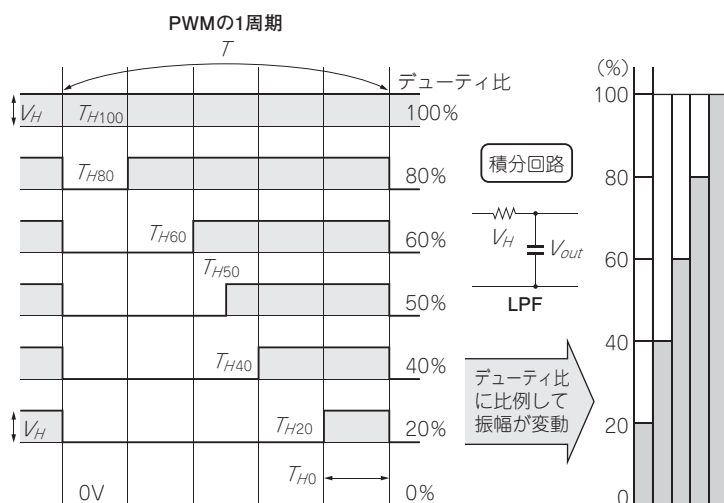


図1 PWM波形とD-A変換のイメージ

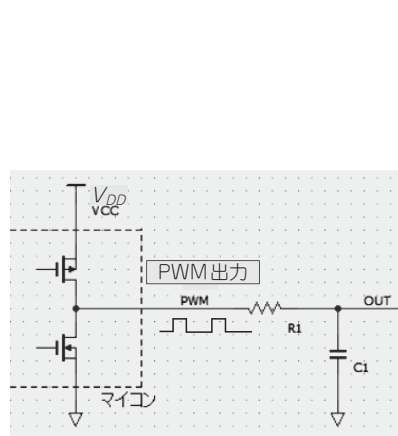


図2 RCによるもっとも簡単なフィルタ(LPF)回路