



第3章 電圧振幅をスイッチング回路が扱えるパルス信号に変換する

PWM 回路の基礎と実験

吉岡 均
Hitoshi Yoshioka

第1章では、1ビットの信号でもパワーを制御できることを説明しました。本章では、PWM動作の基礎とPWM回路を作るうえでのポイントを実験を交えながら詳しく解説します。ソフトウェアで出力電力や出力電流などのパワー回路の仕様を変更できるデジタルPWM回路の特徴についても説明します。

PWM回路は、パワー回路の出力情報をモニタして、電力部品などに制御信号を出す回路で、人間で言えば、頭脳に相当します。電力変換効率の高いスイッチング方式の電源やモータ・インバータ、オーディオ用D級アンプ、直流-直流コンバータ、無停電電源(UPS)など、多くのパワー回路に利用されています。

● PWM回路は振幅をパルスの幅に変換する回路

PWMは、Pulse Width Modulationの略でパルス幅変調と訳すことができます。

図1に示すように、PWM回路は入力電圧の振幅を振幅が一定のパルスの幅に変換(変調)するものです。つまり、**振幅情報をパルス幅という情報に変換**します。第5章(p.163)で説明があるスイッチング出力回路は、電圧振幅が一定の信号しか出力することができません。正弦波のような電圧振幅が変化する信号を出力するためには、パルス信号に変換(変調)する必要があります。

この役割を果たすのがPWM回路です。スイッチング出力回路は、高効率な電力伝送を実現するために必須です。同様に、PWM回路も高効率な電力変換になくてはならないものです。

実際のPWM回路の役割と動作

■ パワー回路におけるPWM回路の役割

図2に示すように、パワー回路はPWM回路、ゲート・ドライブ回路、スイッチング出力回路で構成されています。

この中でPWM回路は、**指令信号と三角波の振幅を比較して、パワーMOSFETを駆動する制御信号を出す**

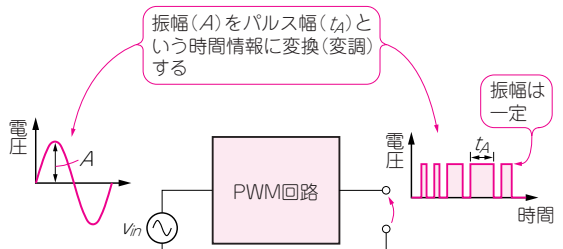


図1 PWM回路は振幅をパルス幅に変換する変調回路

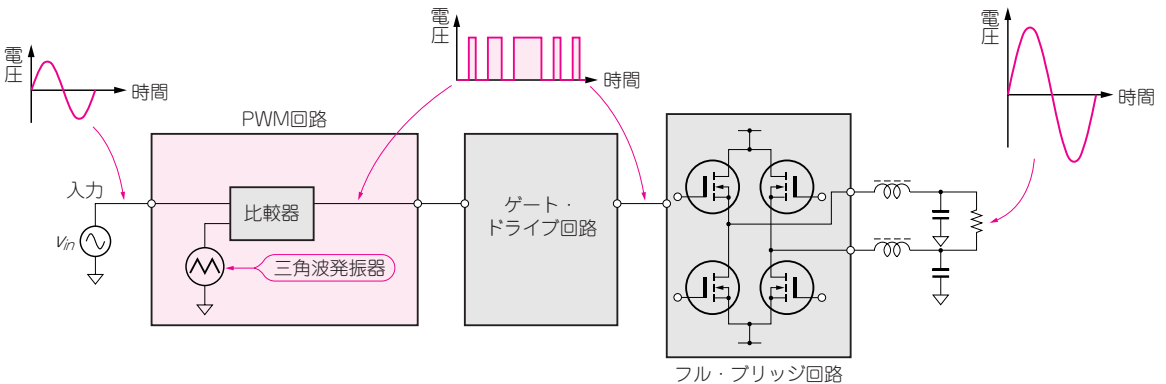


図2 パワー回路におけるPWM回路の位置付け

力します。この制御信号によって、パワー回路の出力電圧がコントロールされます。

汎用のスイッチング電源用PWM制御ICのなかには、これら鋸歯状波発振器、PWMコンパレータ以外にも基準電圧、誤差増幅用OPアンプ、減電圧停止(低電圧検出)、出力ドライバなどをオール・イン・ワンにしたものがあります。

■ キャリア生成回路とコンパレータで構成される

● 変調の素「キャリア」を生成する回路

図2に示すように、PWMには、一定周波数で発振する三角波発振器が必要です。この信号の出力で、入力信号を変調します。

図3に示すのは、この変調の素になる信号「キャリア」を生成する発振回路です。電源を投入すると自動的に発振が始まり、のこぎり波状の信号が出力されます。この鋸歯状波発振器の出力波形と入力信号の二つの信号の振幅を比較するコンパレータに入力すると、そのコンパレータからPWM波が出力されます。

図3に示すカレント・ミラーの出力電流(I_1)は抵抗 R_T によって決まります。カレント・ミラー回路は、 $I_1 = I_2$ となるように動作します。コンデンサ C_T は I_2

で充電されます。コンパレータIC₁で C_T 両端の電圧を検出して、規定値になったら Tr_1 をONして放電します。

この動作が繰り返されると、 C_T の両端に鋸歯状波が出力されます。発振周波数は、 R_T の抵抗値による電流値と、 C_T の静電容量による充電時定数で決まります。

写真1に示すのは、図3の回路を実際に作り観測した波形です。一定の傾斜をもって直線的に上昇した後、ストンと0Vになる、のこぎり波が観測されています。

市販の制御ICが内蔵するPWM回路用のキャリア信号には、図4に示すように4種類あります。のこぎり波だけでなく、三角波を採用しているものもあります。

スロープ充電やスロープ放電の発振器では、三角波の山(=谷)を基準時間とし、充電時間または放電時間のいずれかを可変してON時間をパルス幅制御します。

対称三角波では、ON/OFF双方のタイミングをそれぞれスロープ上で可変します。デュアル・スロープ型三角波では、充電/放電時間のいずれかをON/OFF時間に設定し、ONタイミングをスロープ上で可変してパルス幅制御します。スロープの一方を確実なOFF時間(デッド・タイム)にするための工夫で、現在ではPWM制御の主流になっています。

● コンパレータでのこぎり波と入力信号を比較する

図5に示すように、図3で生成した鋸歯状波をコンパレータの反転端子に加え、入力信号をコンパレータの非反転端子に入力します。すると、コンパレータの出力波形は、パルス幅が入力信号に比例した矩形波になります。パルスの周期は一定で、周波数は鋸歯状波発振器の周波数と等しくなります。変化するのは、出力パルスの幅だけで、周期は一定です。

PWM信号を作るコンパレータはその機能からPWMコンパレータと呼ばれます。コンパレータの出力パルスの面積を平均化すると、その値は入力信号の振幅に比例します。

つまり、発振器で基準となる鋸歯状波を作り、検出

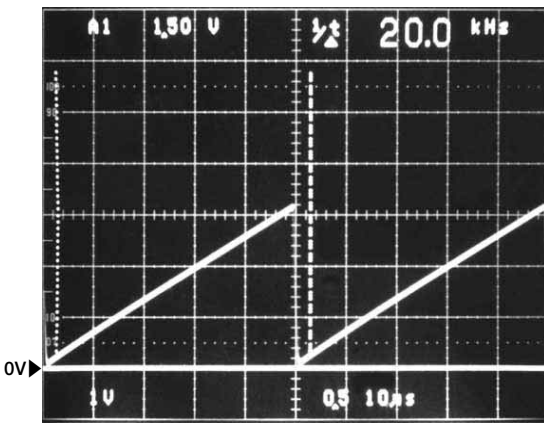


写真1 図3のキャリア発生回路の出力波形(1 V/div., 10 μs/div.)

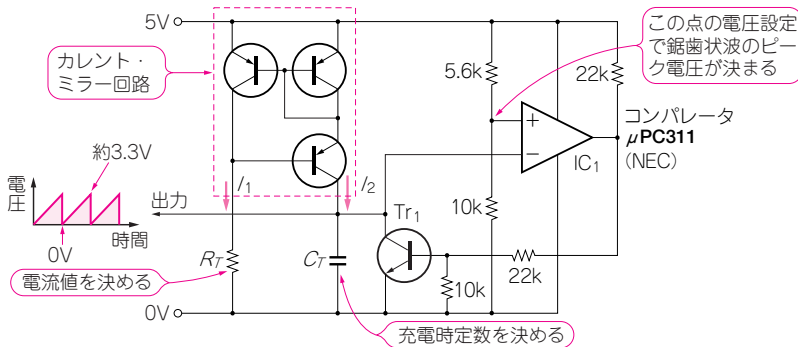


図3 キャリア発生回路の例(鋸歯状波発振回路)