



第2章 高効率の秘密は変調技術にある

アナログ信号をH/L信号に変換する「PWM」

渡辺 明禎
Akiyoshi Watanabe

図1に示すのは、D級アンプの心臓部PWM波発生回路の動作を理解するための実験回路です。

三角波発振回路のしくみ

三角波はさまざまな回路で作ることができます。今回は、OPアンプ2個で構成します。

またこの回路は、後述する自励発振型D級アンプの基本となる回路なので、とても重要です。

回路を図2に示します。動作原理はとても簡単です。ブロックに分けて説明します。

● シュミット・トリガ回路の動作原理

図3に動作原理を示します。 R_2 により正帰還がかかっているため、OPアンプの出力は $-V_{CC}$ か $+V_{CC}$ のいずれかになります。

まず、図のように $-V_{CC}$ 出力の状態から、 V_{in} を負の電圧から徐々に大きくしていきます。OPアンプの

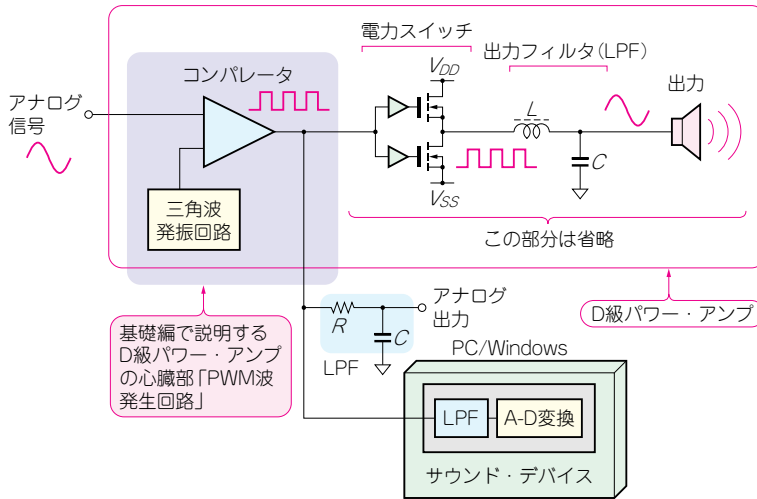


図1 基礎編で実験を行うD級アンプの構成部分(第1章図1再掲)

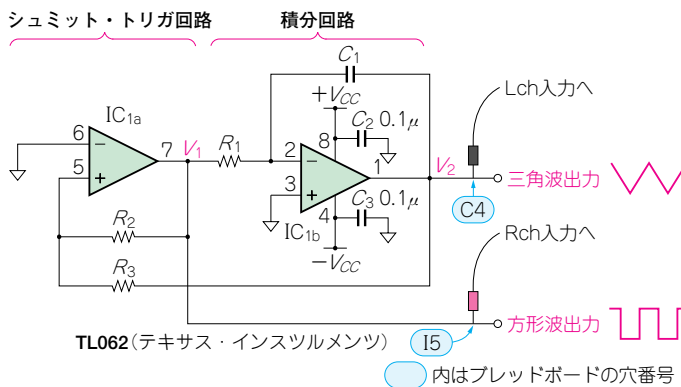


図2 三角波発振回路 OPアンプ2個で構成

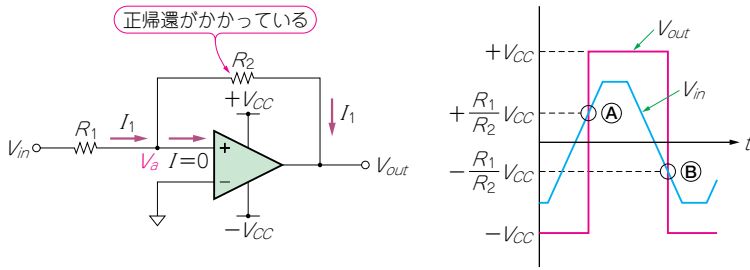


図3 シュミット・トリガ回路のしくみ

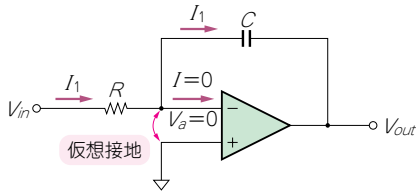


図4 積分回路のしくみ

で、非反転入力端子には電流が流れません。

従って、 R_1 と R_2 に流れる電流は同じで、それを I_1 とします。 V_a が負の電圧の場合、OPアンプの出力は $-V_{CC}$ のままです。この状態で、出力を V_{CC} にするためには、 $V_a > 0V$ としなければなりません。

$V_a = 0V$ となる場合、以下の式が成立します。

$$I_1 = -\frac{V_{in}}{R_1} = -\frac{V_{out}}{R_2}$$

$$V_{in} = -\frac{R_1}{R_2} V_{out}$$

従って、出力が $-V_{CC}$ から $+V_{CC}$ になるための入力スレッシュヨルド電圧 V_{th} は、 V_{out} に $-V_{CC}$ を代入し、

$$V_{th} = -\frac{R_1}{R_2} V_{CC}$$

となります(A点)。

同様に、 V_{out} が $+V_{CC}$ の場合、 $V_a < 0V$ としなければ、 V_{out} は $+V_{CC}$ から $-V_{CC}$ になりません。

従って、出力が $+V_{CC}$ から $-V_{CC}$ になるための入力

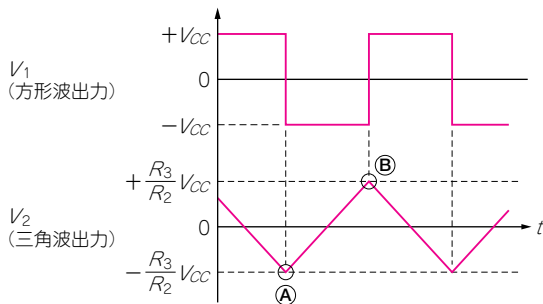


図5 三角波発振回路が発振しているときの方形波出力端子と三角波出力端子の波形

振幅はシュミット・トリガ回路の入力スレッシュヨルド電圧のヒステリシス幅で決まる

スレッシュヨルド電圧 V_{th} は、 V_{out} に V_{CC} を代入し、

$$V_{th} = -\frac{R_1}{R_2} V_{CC}$$

となります(B点)。

● 積分回路の動作原理

図4に動作原理を示します。非反転入力端子が $0V$ なので、OPアンプのゲインを G [倍] とすると、

$$V_{out} = V_a G$$

となります。 G は非常に大きいので、 V_{out} の電圧値にかかわらず、 $V_a \approx 0V$ となります(仮想接地、仮想零点)。

また、反転入力端子には電流が流れないので、 R と C に流れる電流は同じで、その電流を I_1 とすると、次式で求まります。

$$I_1 = \frac{V_{in}}{R}$$

この電流が C に流れるので、 V_{out} は次式で求まります。

$$\begin{aligned} V_{out} &= -\frac{1}{C} \int I_1 dt \\ &= -\frac{1}{CR} \int V_{in} dt \end{aligned}$$

従って、この回路の出力電圧 V_{out} は入力電圧 V_{in} を時間積分したものになります。

● 三角波発振回路の動作原理

図2の三角波発振回路が発振しているとき、方形波出力端子、三角波出力端子の波形は図5のようになります。

まず、 IC_{1a} の出力 V_1 が $+V_{CC}$ の場合、 R_1 に V_{CC}/R_1 という一定電流が流れ、それが C_1 を充電するので、 IC_{1b} の出力 V_2 は次式で示す比率で、直線的に電圧が低くなっていきます。

$$V_2 = \frac{V_{CC}}{C_1 R_1} t \dots\dots\dots (1)$$

この V_2 が $-\frac{R_3}{R_2} V_{CC}$ となると(A点)、 V_1 は V_{CC} から $-V_{CC}$ に変化します。すると、 V_1 は負電圧となるので、式(1)で示す比率で、今度は V_2 の電圧が直線的