

アナログ回路の世界へようこそ！

## はじめての電子回路工作

島田 義人  
Yoshihito Shimada

### 第5回 小型高効率パワー・アンプの製作

今回は、最大出力電力約1W(8Ω負荷、電源電圧9V)のアンプを製作しました。写真5-1に示すのは、音楽信号を入力し、スピーカを鳴らしているところです。

本器は発熱の小さい回路方式を採用しています。発熱が小さい理由は、出力段がスイッチング動作(D級動作)しているからです。このようなタイプのアンプ

をD級アンプと呼びます。

D級アンプは原理的に発熱がなく、放熱器などがとても小さくなり、使わなくてすむこともあります。放熱器が不要になれば、基板収納スペースの小さい薄型テレビでも大出力が可能になります。

D級アンプは、電池駆動のポータブル・オーディオ機器、7チャンネル出力のホームシアタ・オーディオ・システム、モータ・インバータ、電力インバータなど、パワー・エレクトロニクス分野のさまざまな機器で採用されています。D級アンプは、その出力部の回路がONとOFFを繰り返し、ロジックICのような動作をするため、オーディオ業界では特にデジタル・アンプと呼んでいます。

### D級アンプが高効率な理由

- スイッチング動作する素子は発熱が小さい

図5-1に示すのは、一般的なD級アンプのブロック図です。高効率動作の秘密は、このスイッチング出力段にあります。

図5-2に示すのは、D級アンプのスイッチング出力段の動作を説明する図です。

SW<sub>1</sub>がOFFのときは、Tr<sub>1</sub>のベースに電圧が加わらないので、コレクタ電流は0Aです。負荷もTr<sub>1</sub>も



写真5-1 CMOSロジックIC 1個で作れる高効率パワー・アンプ(1W@8Ω)

製作した基板に音楽信号を入力しスピーカを鳴らしてみた

### Keyword 1

### CMOSインバータを使った加算器

図5-Aに示すのは、CMOSインバータを使った加算器です。信号の交わる点の電圧がつねに一定( $V_{DD}/2$ )なので、入力チャンネル間の電流の流れ込みがありません。各抵抗を流れてきた電流はすべて足し合わされ、

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3$$

となります。出力端子の電圧は次のとおりです。

$$V_{out} = -R_F(I_1 + I_2 + I_3) \\ = -R_F(V_1/R_1 + V_2/R_2 + V_3/R_3)$$

$R_1 = R_2 = R_3 = R_F$ とすると次式が成り立ちます。

$$V_{out} = -(V_1 + V_2 + V_3)$$

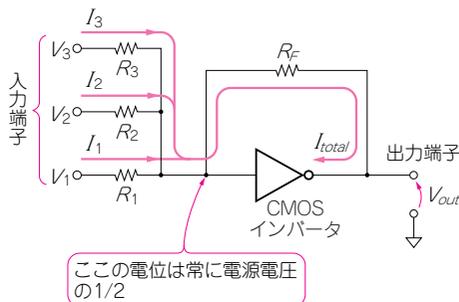


図5-A CMOSインバータを使った加算器の回路

**P** 本稿で使用されている部品の相当品一式の購入サポートを行う予定です。詳しくは広告ページ「トランジスタ技術 サポート企画」(p.397)を参照ください。

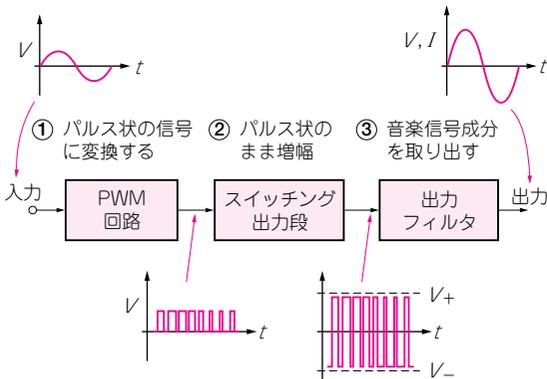


図5-1 D級アンプのシグナル・フロー

消費する電力は0Wです。SW<sub>1</sub>がONのときは、Tr<sub>1</sub>のベースに電圧が加わりONします。そして、

$$I_C = (V_{CC} - V_{CE}) / R_L \approx 100 \text{ mA}$$

のコレクタ電流が流れます。このとき負荷に、

$$P_{out} = I_C^2 R_L = 5 \text{ W}$$

の電力が供給されます。Tr<sub>1</sub>のコレクタ-エミッタ間電圧は0Vになり、Tr<sub>1</sub>が消費する電力は、

$$0 \text{ V} \times 100 \text{ mA} \approx 0 \text{ W}$$

となります。つまり、Tr<sub>1</sub>はONのときもOFFのときも消費電力はつねに0Wです。

## ● スイッチング回路にはバイポーラよりMOSFETが向いている

ここまでの説明は、V<sub>CE</sub>が0Vで、スイッチング時間が0秒のスイッチング素子を使ったときの理想的な話です。実際のデバイスではV<sub>CE</sub>が数十mVほどあるため、必ず電力を消費し発熱します。また、Tr<sub>1</sub>はOFFからON、またはONからOFFする遷移期間中にも電力を消費します。したがって、D級アンプの発熱量は、スイッチング素子のオン抵抗が小さければ小さいほど、そしてスイッチング速度が速ければ速いほど少なくなります。

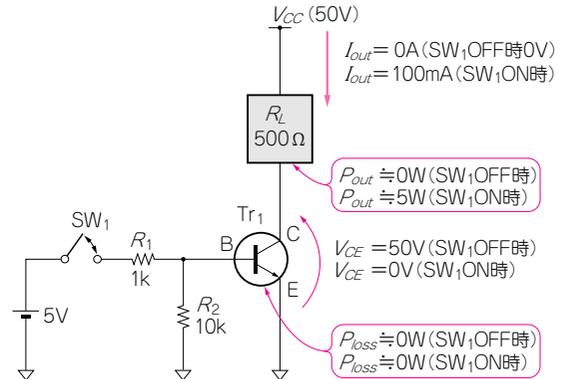


図5-2 スイッチング動作する素子は発熱が小さい

バイポーラ・トランジスタでスイッチングすると、コレクタ-エミッタ間に0.2V程度のオン電圧が発生します。D級アンプの効率を上げるには、このオン電圧をできるだけゼロに近づける必要があります。

最近のMOSFETにはドレイン-ソース間の抵抗が1Ω以下と小さい素子が数多くあります。またMOSFETはスイッチングが速いという特徴があるため、発熱の小さいスイッチング回路には、MOSFETがよく利用されます。

## ● アナログ信号をパルス信号に変換するところが高効率増幅のミソ

前述のようにD級アンプは、出力段をスイッチング動作させることで高効率特性を実現しています。出力段をスイッチング駆動するためには、入力されるアナログ信号をいったん振幅が一定のパルス信号に変換しなければなりません。この変換をPWM(Pulse Width Modulation)またはパルス幅変調と呼びます。

音楽信号などのアナログ信号の強弱は電圧の振幅で表されていますが、変換後のパルス信号はこの強弱をHレベル期間の長短で表現します。例えば振幅が大きいところはHレベル期間が長く、小さいところはH

## Keyword 2

## 3端子レギュレータ

写真5-Aに示すのは、入力電圧や出力電流が変化しても出力電圧をつねに一定に保つ、電源安定化用の定番ICです。I(入力)、O(出力)、G(グラウンド)の三つの端子をもっていることから、一般に3端子レギュレータと呼ばれています。

型名の頭に78と付くものが正電圧出力タイプ、79と付くものが負電圧出力タイプです。78や79のあとに続く数値は、出力電圧値を表しています。つまり、7805は+5V出力、7905は-5V出力です。

78xxシリーズと79xxシリーズの最大出力電流は1Aで

す。ほかに78Mxxシリーズは最大0.5A、78Nシリーズは最大0.3A、78Lシリーズは最大0.1Aを出力できます。出力電流が3Aを越えるものもあります。

入力耐圧は、出力電圧が18V以上のタイプで40V、それ以下は35Vです。

入力端子には、出力電圧より最低でも2.5V以上高い電圧を入力する必要があります。例えば、5V出力の3端子レギュレータの場合は、入力電圧は7.5V以上としなければなりません。7.5V以下の場合は、所定の電圧と電流を取り出すことができません。