



## 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1回 オーディオ・アンプの製作

#### ● 連載の進めかた

手軽に使えるマイコンがたくさん市場に出回り、その開発環境もとても安価になりました。そのせいか電子回路設計といっても、実際には、C言語などを使ったソフトウェア設計がほとんどだったりします。しかし、他人にまねのできない高性能な電子回路、例えば、ひずみが小さい、雑音が小さい、ノイズに強く誤動作しない、発熱しない電子回路を作るには、必ずアナログ技術の知識が役に立ちます。

本連載では、増幅やフィルタリングなど、繊細なアナログ信号を扱うための基本的なテクニックを一つずつ取りあげて解説します。「好きこそ物の上手なれ」何ごとも、楽しみがなければなかなか吸収することができません。そこで毎回、できるだけ簡単に作りやすく、そして作ってみたいと思ってもらえる製作物を材料にして進めていきます。これを機に、アナログ技術の習得に挑戦してください。

〈編集部〉

#### 増幅って何？

#### ● 拡大コピーと同じ

ICやトランジスタを使うと、センサなどが出力する微小な電圧や電流を大きくして出力することができます。この信号のレベルを拡大する操作を「増幅」と

呼びます。そして増幅する電子回路を増幅器、またはアンプ(amplifier)と呼びます。

図1-1に示すように、コピー・マシンで拡大コピーをとるようなイメージを思い浮かべてみてください<sup>(1)</sup>。コピー・マシンはアンプに相当します。コピー・マシンは、コピー元(入力信号)の像を電源の電気エネルギーを利用して拡大して、写し(出力信号)を作り出します。

● 音楽信号を増幅しスピーカを鳴らせるアンプを作る「増幅」を体験するために、簡単にそして安く作れるモノラル・パワー・アンプ(写真1-1)を作ります。写真1-2に示すように、このアンプに信号を入力すると、電圧の振幅が8倍に拡大されて出力されます。

電源は、1.5V出力の単3型電池を4本使って6Vと

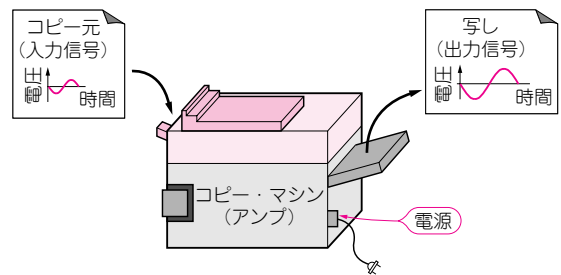


図1-1 増幅は拡大コピーをとるイメージ

#### Keyword 1

#### BTL 接続

図1-2に示すように、二つの同型のアンプを使って、一方のアンプには位相を反転させた逆相の信号を入力し、もう片方のアンプに同相の入力信号を加える接続の方式のことです。スピーカ出力は、両アンプの出力端子ではさみ込みます。

この接続方式を採用すると、出力波形の波高値が合わさって、一つのアンプで駆動する場合に比べて出力電圧振幅が2倍(出力電力は4倍)になります。電源電圧が低くても大出力を得ることができるため、バッテリー駆動が標準のカー・オーディオ用のアンプの多くが採用しています。また、アンプで

発生する同相のひずみやノイズの打ち消し効果があります。

注意が必要なのは、片方のアンプからみた負荷が、接続するスピーカ自体のインピーダンスの1/2になることです。また、この方式ではスピーカへの出力端子は、どちらもグラウンドではなくなります。スピーカのように片側をグラウンドに接続する必要がない負荷の場合は問題ありませんが、負荷のどちらかがグラウンドにつながっている場合は、アンプの出力を接続することができません。接続すると、片側のアンプの出力がグラウンドにショートされて大きな電流が流れ、アンプが破壊する可能性があります。

**P** このマークは当該記事で使用されている部品の相当品一式の購入サポートが行われる予定であることを示します。詳しくは広告ページ「トランジスタ技術 サポート企画」(p.415)を参照ください。

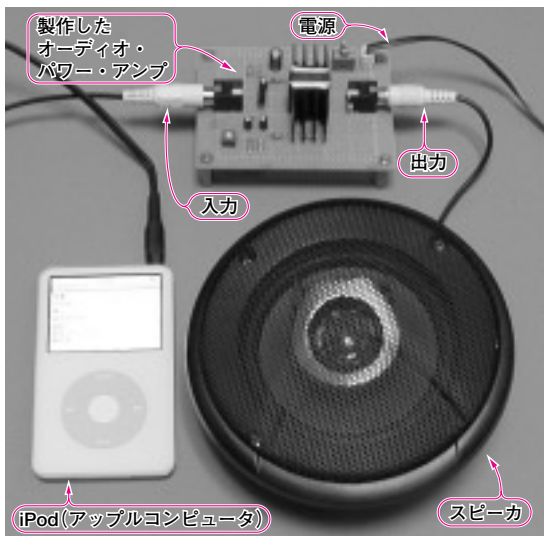


写真1-1 製作したアンプでスピーカーを鳴らしているところ

します。たった6Vで動作するアンプですが、一般的なパソコン用のカラー液晶ディスプレイの内蔵アンプ並みです。室内で聴くには十分な音量です。

本アンプの最大出力電力は、 $8\Omega$ 負荷のとき約1Wです。1W出力のときの出力電圧の最大値は約 $2.83V_{RMS}$  ( $8V_{P-P}$ )、出力電流の最大値は約354mAです。

## 回路を設計する

### ■ 位相反転回路とアンプの組み合わせ

図1-2に本アンプの回路のブロック構成を示します。電源電圧が6Vしかないのに、 $8V_{P-P}$ の振幅を出力するために、位相反転回路を追加して、入力信号と逆相の信号を作り出し、同相の信号と足し合わせてスピーカーに出力します。

図1-3に製作したアンプの全回路を示します。

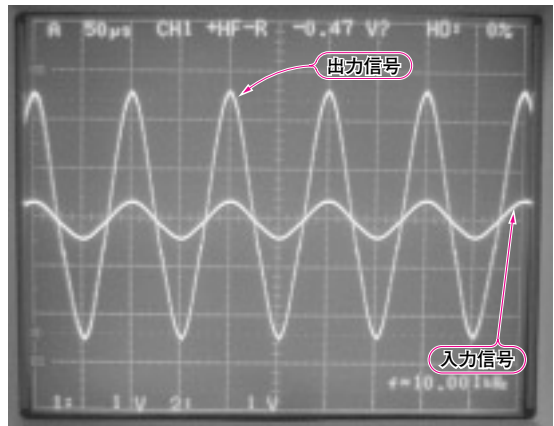


写真1-2 製作したアンプの入出力波形(1V/div., 50μs/div.)

### ■ アンプ部の設計

#### ● どこでも手に入るCMOSインバータICを使う

アンプは、ロジック回路設計によく使うCMOSインバータIC<sup>①</sup> 74HCU04(写真1-3)を使って作ります<sup>②</sup>。14ピンのDIP型のICで、6個のインバータ・アンプ素子を内蔵しています。間違いやすいのですが、

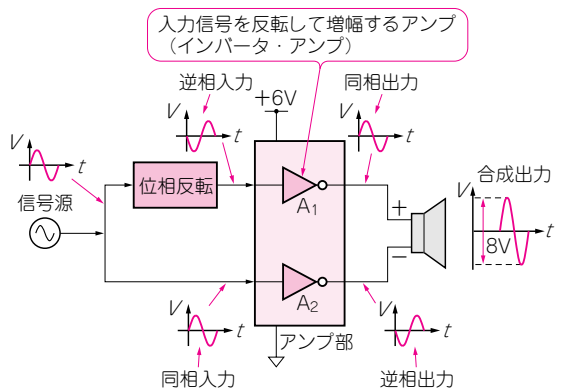


図1-2 製作したアンプの回路構成  
位相反転回路とアンプを組み合わせた2段階構成

## Keyword 2

## JFET

FET(Field Effect Transistor)は、電界効果型トランジスタとも呼ばれています。ゲート(gate)、ソース(source)、ドレイン(drain)の三つの端子をもっており、制御端子であるゲート電圧を制御して、ドレイン-ソース間の電流を調整する電圧制御素子です。FETの構造を図1-Aに示します。JFETはゲートを逆方向にバイアスすることでPN接合間に空乏層(自由電子や正孔のない層)を作り、ゲート電圧によって空乏層の厚みを変化させてチャンネル間(ドレイン-ソース間)に流れる電流を制御します。ゴム・ホースから出ている水を指で押しつぶして水量を調節するようなイメージです。

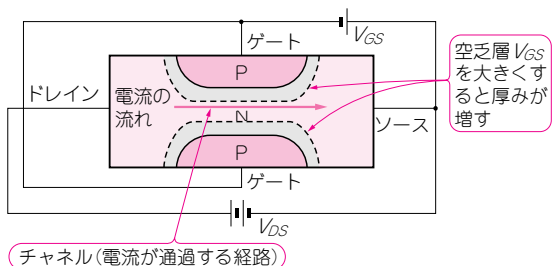


図1-A JFETの電流調整のしくみ