

プロlogue

# 半導体の基本素子 トランジスタを攻略しよう！

本書では、スピーカを鳴らすことができるパワー・アンプ(写真1)の完成を最終目標にして、トランジスタ回路を設計/製作していきます。

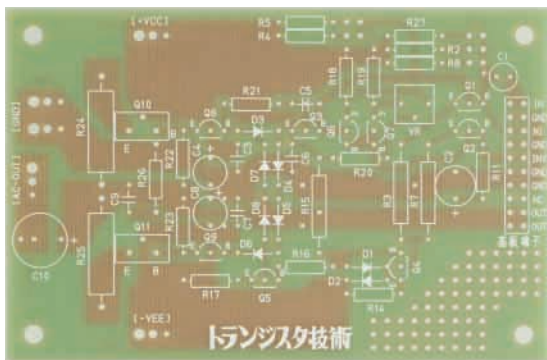
技術を習得するには、手を動かすことが大切です。手を使い汗をかいて憶えたことは、決して忘れません。できるだけ多くの回路を製作して実験すべきですが、そのつどプリント基板を作っていたのでは、いくら時間があっても足りません。出費もバカになりません。

そこで、8種類のアンプを製作できる実験用プリント基板(写真2)を用意しました。部品セットと実験用プリント基板の頒布も行います(p.167参照)。

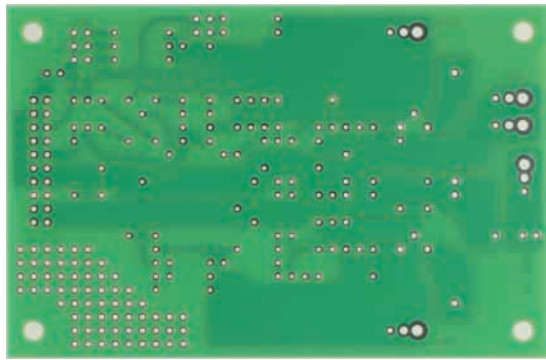
まず1石アンプを作り、動作を確認したら、トランジスタを追加して2石アンプにするというように、少しずつ部品を足し、8種類の回路を実験していきます。



写真1 第6章で作るトランジスタ・アンプでスピーカを鳴らしているところ



(a) 表面



(b) 裏面

写真2 実験用プリント基板

1石アンプ、2石アンプ、3石アンプ、5石アンプ、7石アンプ、9石アンプ、単電源11石アンプ、両電源11石アンプの8種類のアンプを作れる

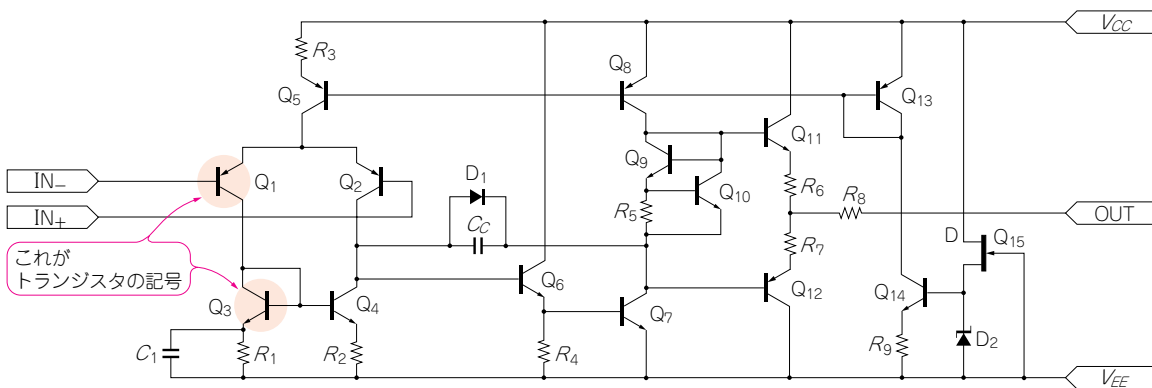


図1<sup>(1)</sup> 汎用OPアンプとして有名な4558(NJM4558)の内部等価回路

第5章ではOPアンプ回路を作ります。実際のOPアンプの内部回路(図1)と、製作する回路を見比べてみてください。

最終的には、スピーカを鳴らせる11石のパワー・アンプを完成させます(写真3)。

私が若い頃は、1年に数十枚のプリント基板を作ったものです。アナログ回路の設計と製作は、それほど魅力がありました。時は移り21世紀、齢を重ね、回路設計の高揚感を若い人に味わって欲しいと思うようになりました。そんな折、本書の元になった特集の話が舞い込みました。まさに渡りに船、即座にお引き受けしました。アナログ回路を設計/製作する楽しさを味わっていただければと思います。

本書には、紛れもない過去の回路も混ざっていますが、最終的には、現在も立派に通用する由緒正しい回路まで作ります。

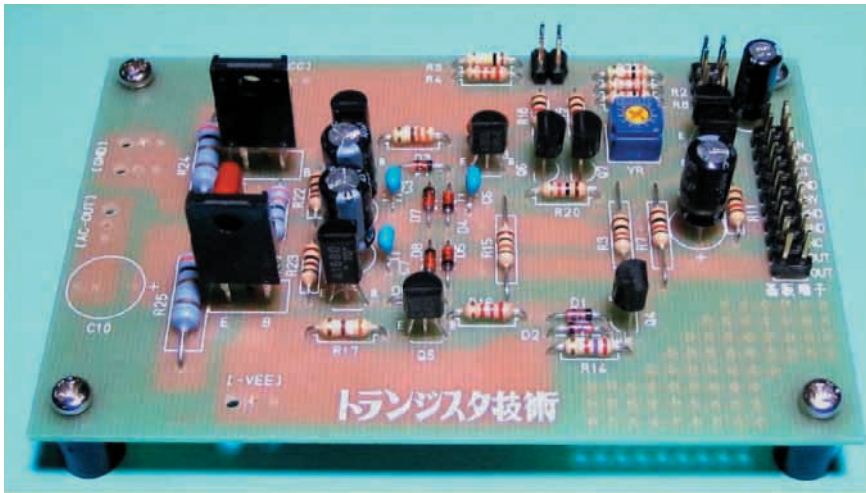


写真3 完成状態の11石アンプ

## 高価な測定器を使わずに実験を進める

昔のエンジニアは、次のような方法で回路設計を学びました。

- トランジスタ(回路)の教科書を読む
- 回路集に載っている回路を製作する
- 社内の先輩技術者が設計した回路を改良する

これらの方法はもはや有効ではないでしょう。なぜなら、いまや回路集の類は入手が難しいうえ、トランジスタ回路を理解している技術者も少ないからです。

逆に、昔はなかった有利な状況も生まれています。

- 回路シミュレータ SPICE を利用できる
- パソコンを測定器として利用できる

本書では、これらの状況を踏まえ、次のようなやりかたでアナログ回路の理解を深めます。

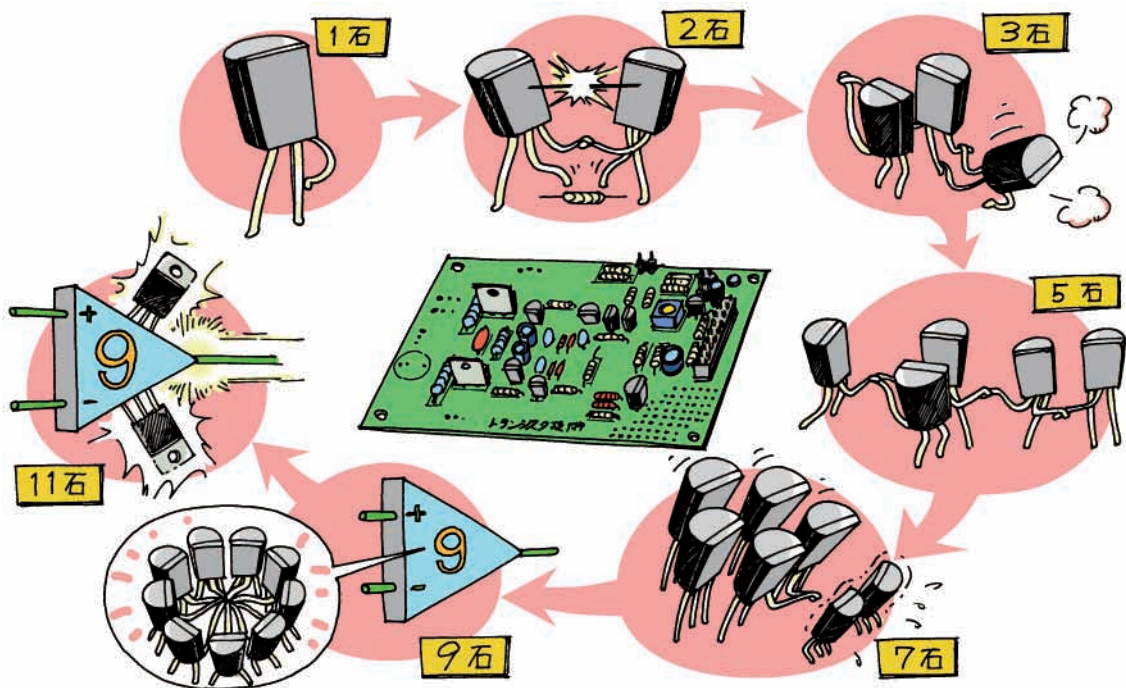
### ● 身近な機器を利用して安価に測定環境を整える

電子回路は、完ぺきに設計したつもりでも、どこかに見落としがあるものです。必ず測定して動作を確認しなければなりません。増幅回路の測定には、

- ① オシロスコープ
- ② 信号発生器(発振器)
- ③ 交流電圧計
- ④ ひずみ率計

などが必要です。そうはいつでも、個人が測定器をそろえるのは、なかなか大変です。

そこで、パソコンのオーディオ機能を利用します。



ソフトウェアは efu氏が無償公開しておられる WaveGeneと WaveSpectraを使うことにします。  
 ただし、パソコンを測定器として使うには、いろいろと条件や設定が必要です。これらについて詳しくは Appendix Aを参照してください。

▶ 直流電圧の測定

デジタル・テスタを使います。

▶ 交流電圧の測定

交流電圧計の代わりに、Appendix Bで紹介する自作アダプタとテスタを組み合わせ使います。

▶ 信号の発生

信号発生器の代わりに、パソコンのオーディオ出力とソフトウェア WaveGeneを使います(図2)。

▶ 波形観測とひずみ率の測定

オシロスコープやひずみ率計の代わりに、パソコンのオーディオ入力とソフトウェア WaveSpectraを使います(図3)。

WaveSpectraは波形表示とFFT解析<sup>(4)</sup>の機能をもちます。FFT解析はひずみ率計としての代用が可能です。

● 電子回路シミュレータ SPICEを利用する

パソコンのオーディオ機能による測定では、周波数特性、小信号の観測、精度などに制約があります。

測定が困難な特性は、電子回路シミュレータ SIMetrix/SIMPLISのシミュレーションで確認します。

「電子回路シミュレータ SIMetrix/SIMPLIS スペシャルパック」(CQ出版)に収録されています。

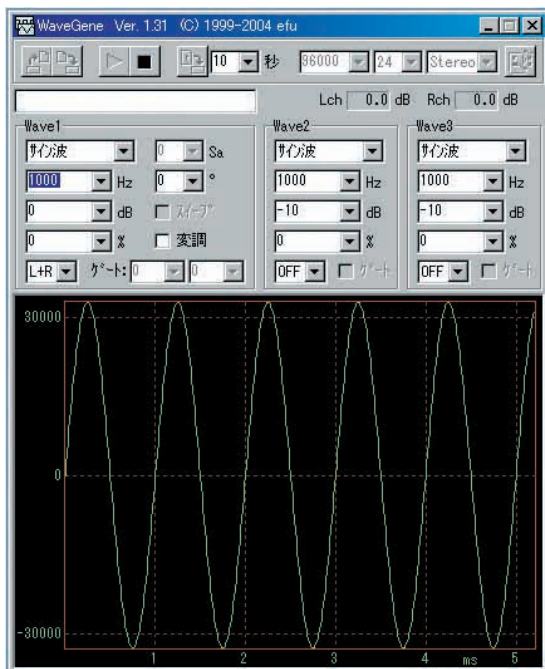


図2 パソコンが信号発生器として使えるようになるフリーのソフトウェア WaveGene

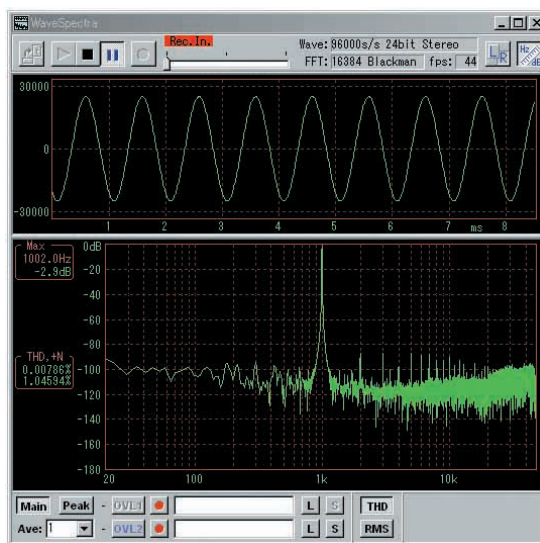


図3 パソコンがオシロスコープとして使えるようになるフリーのソフトウェア WaveSpectra

PSpiceやMicro-CAPなど、ほかのSPICEシミュレータでも解析できるよう、トランジスタのデバイス・モデルを公開しています。

### ● 本書で使用した計測器の一覧

周波数特性の実測データや、パソコンでは測れない低いひずみ率を測定するために、私が自作した測定器も使っています。

測定データに、以下のどれを使用して測定したかを示すようにしています。

#### ▶ デジタル・テスタ

直流電圧の測定と、自作アダプタと組み合わせた交流電圧の測定に使っています。

#### ▶ パソコン

波形観測、ゲイン測定、ひずみ率測定、周波数測定に使っています。

本書の測定では、デスクトップ・パソコン本体のオーディオ入出力を使いました。測定に使ったパソコンのマザーボードはインテルD945GNTです。

#### ▶ 周波数特性測定セット

私が自作した、信号発生器と交流電圧計などのセットです。パソコンによる信号源では測れない広い周波数帯域の特性を測定します。

#### ▶ ひずみ率測定セット

私が自作した、低ひずみ正弦波発振器とひずみ率計のセットです。パソコンのFFT解析では測れな