

# アナログ回路の動作を見る

河合 孝

第1章では、デジタル時代におけるアナログ技術の重要性を説明するとともに、アナログ技術を学ぶ道具として、アナログ回路シミュレータを紹介しました。この章では、このアナログ回路シミュレータがどのようなものなのかについて紹介します。たんなる機能説明ではなく、実験室において実回路を測定する場合と比較しながら解説します。

## アナログ回路シミュレータとは

### ●業界標準 SPICE

SPICEは米国カリフォルニア大学Berkeley校で開発されたアナログ回路シミュレータです。プログラムはもともとFortran言語で記述されていましたが、ソース・コードそのものが公開されているため、だれでも入手することが可能です。

このような背景もあって、世界中のツール・ベンダからSPICEプログラムをもとにした製品がリリースされています。少し詳しく調査してみると、現在、世界中にSPICEをもとにしたアナログ回路シミュレータは、商用化されているものだけでも30種類以上あります。しかも、パソコン上で動作する安価なものからワークステーション上で動作する高価な製品まで、性能も価格帯も広範囲にわたっています。シミュレータの製品名としてSPICEの文字が含まれていない製品も多くあり、その正確な数を把握するのがむずかしいほどです。

SPICEは、アナログ回路シミュレータとして広くエンジニ

アに受け入れられています。また、SPICEがいわば“標準言語”になったため、ネットリストやSPICEで使うモデルのフォーマットなどが共通で使えるという恩恵を受けられるようになりました。

半導体メーカはSPICE用としてデバイス・モデルを供給し、このデータをもとにシミュレーションが行えるようになりました。特定のシミュレータ用にわざわざデバイス・モデルを供給することはまず考えられません。

### ●回路図エディタ

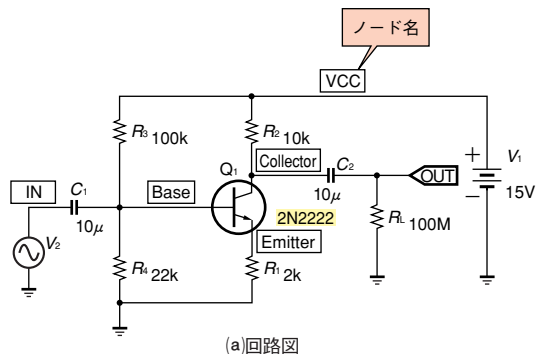
SPICEの入力データ(ネットリスト)は本来、テキスト形式で記述するものです(図1)。

パソコン上で動作するSPICEであっても、はじめのうちは回路図による入力はできませんでした。このため、シミュレーションを行うときはまず、手で回路図を描き、この回路図をもとにネットリストを作成し、それをテキスト・エディタでパソコンに入力していました。

しかしながら、現在ではほとんどのSPICEプログラムには回路図エディタが付いています(図2)。

回路図エディタは、シミュレーションを行う回路を描くツールです。この回路図エディタで回路図を描き、シミュレーションを選択すると、自動的にSPICE用のネットリストを生成し、そのままシミュレーションを開始します。

シミュレーション用の各種設定も回路図エディタで行うこ



(a)回路図

```
* source TR-AMP
.EXTERNAL OUTPUT OUT
Q_Q1      COLLECTOR BASE EMITTER Q2N2222
R_R1      0 EMITTER 2k
R_R2      COLLECTOR VCC 10k
R_R3      BASE VCC 100k
C_C1      IN BASE 10uF
C_C2      COLLECTOR OUT 10uF
V_V1      VCC 0 15Vdc
R_R4      0 BASE 22k
R_RL      0 OUT 100Meg
V_V2      IN 0
+SIN 0 05V 1kHz 0 0 0
```

(b)ネットリスト

〔図1〕 SPICE ネットリストの例

とができます。

複雑でまちがえやすい回路図からネットリストへの変換はパソコンが行ってくれるようになりました。回路図エディタとSPICEがリンクができたことは、大きな進歩です。

もっとも、回路図エディタが追加されたぶん、回路図エディタの操作まで覚えなければならないのでめんどろだという人もいます。もちろん、いまでもテキスト形式のネットリストからSPICEは動作します。こちらのほうが効率がよいのであれば、そうすればよいだけのことです。

回路図エディタといっても、最近のものは機能が充実して使いこなすのがたいへんになってきています。しかし、SPICEをシミュレーションの目的でのみ使うのなら、それほどむずかしい操作は行いません。回路図エディタを使うために苦勞を払っても、得られるものはその何倍もあります。

乱暴な言い方をすれば、回路図エディタは使いながら体で覚えるソフトウェアの部類です。

## アナログ回路の解析

### ●基本は3とおり

デジタル回路における回路の解析は、横軸の単位に“時間”をとって時間の流れにしたがって回路の状態を観察するので単純明快です。

しかし、アナログ回路ではそれだけではすみません。

アナログ回路の解析手段としては次の3とおりの方法が基本です。

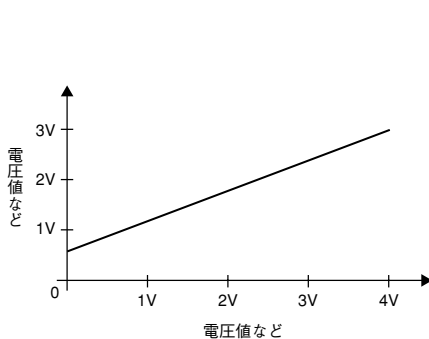
#### (1)DC解析 (DCスイープ解析)

直流電圧や直流電流を変化させて、それに対する出力のようすを調べる解析です (図3)。

#### (2)AC解析 (ACスイープ解析)

周波数を変化させて、それに対応する出力のようすを調べる解析です (図4)。

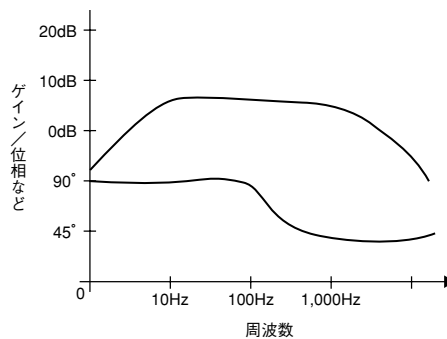
#### (3)過渡解析 (トランジェント解析)



DC解析は横軸に電圧値や電流値をとって解析する

#### 〔図3〕 DC解析 (DCスイープ解析)

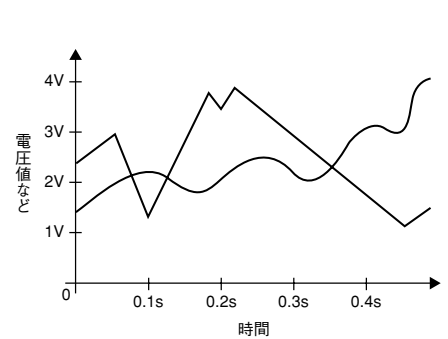
直流電圧や直流電流を変化させてそれに対する出力のようすを調べる解析。



AC解析は横軸に周波数をとって解析する

#### 〔図4〕 AC解析 (ACスイープ解析)

周波数を変化させ、それに対応する出力のようすを調べる解析。



過渡解析は横軸に時間をとって解析する

#### 〔図5〕 過渡解析 (トランジェント解析)

横軸に時間を取り、時間とともに回路の信号が変化するようすを調べる解析。

横軸に時間を取り、時間とともに回路の信号が変化するようすを調べる解析です (図5)。

逆にいうと、アナログ回路の解析の基本はこの3種類だけなのです。

これらの解析をもとにして、これらの解析と組み合わせて抵抗などの値を変えて解析したり (パラメトリック解析, モンテカルロ解析), 温度の変化による影響を解析したりします。

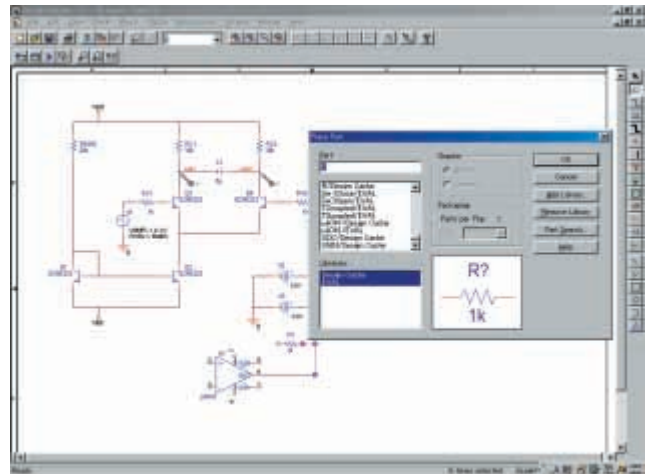
たとえば、温度を変化させながらDC解析を行うとか、コンデンサの容量を変えながら過渡解析を実行するといった解析を行います。

### ●実験室で使う機材

回路を設計し、その回路を組み立て、動作を確認するにはどうしたらよいのでしょうか。実験室で用意しなければならない機器を調べてみましょう。

#### ①電源

回路を調べるためにはまず、その回路を動作させるための



〔図2〕 回路図エディタによる回路入力