

## はじめに

### PCで電子回路の動作が確認できる

電子回路入門者にとって、電子回路の動作をPC(パソコン)でシミュレートし、思いついたアイデアを検証できることも夢の一つでした。現在では、1970年代に開発されたSPICEをベースに各社から回路図エディタが組み合わされ、使いやすい回路シミュレータが多く発売されています。

この回路シミュレータは、電子回路の初心者にとってわかりにくい電子回路の中の電流の流れ方、電圧の変化のようすなどを、PCの画面に表示してくれます。自分で組んだ回路が教科書で示された原理に従ったきれいなカーブや波形を表示します。回路の値を変えてシミュレーションすると、値の変化に応じて結果も変わり法則の仕組みが良くわかり、数式では実感できなかった電子回路の仕組みの理解に大いに役立ちます。

### 無償でこれらのシミュレータが利用できるようになる

しかし、以前はこれらのシミュレータは高価で初学者や初心者が簡単に入手できるものではありませんでした。それでも、これらの回路シミュレータの評価版が無償で提供されているものもありました。この評価版を利用し、教科書にあった法則が目の前に再現され大いに満足したこともあります。しかし、評価版は、機能や扱える回路の規模が制限されており、少し大きな回路や実際のデバイスのモデルを複数利用すると制限条件を超えて利用できなくなり、熱心に利用する気にはなかなか出来ませんでした。

そのような中、リニアテクノロジー社から、機能制限のない回路シミュレータが無償で提供されるようになりました。リニアテクノロジーのデバイスについては問い合わせに応じてくれますが、他社のデバイスのシミュレーションについてのサポートはありません。でも、他メーカーのデバイスのSPICEデータを取り込み、シミュレーションする方法などもユーザーズ・ガイドやヘルプに明記されています。

メーカーの直接のサポートはありませんが、ドキュメントがしっかりしていて、始終バージョンアップが行われています。使いやすい回路シミュレータが手元のPCで利用できるようになりました。

## LTspiceの入手からインストールまで基本的な使い方を説明

本書では、LTspiceIVの入門編として、初心者の方を対象に入手方法、インストール、回路図の描き方、実際のシミュレーションを行うための方法について詳しく説明しています。

回路シミュレータを使ったことがない方でも、CR回路の充放電のようすや周波数特性の測定などから始まり、ダイオードの整流回路、トランジスタの動作、OPアンプによる増幅回路などについて、基本的な電子回路を例にして具体的なシミュレーションを行いながら説明しています。

初心者でも本書の説明を読みPC上で例に示す回路のシミュレーションを実際に操作し確認することで、LTspiceの豊富な機能を使いこなすための糸口が得られます。そして、自分のアイデアに基づく回路のシミュレートもできるようになります。期待して挑戦してください。

本書は次の構成で解説を進めています。

### ● 第1章 LTspiceの入手，インストール

第1章で、リニアテクノロジー社のWebページからLTspiceを入手する方法を具体的な手順で示してあります。ダウンロードしたファイルを実行しインストールします。Windows XPでは問題にならなかったセキュリティ管理も、Windows Vistaになってプログラムのインストールの際にセキュリティ管理が厳しくなっています。Windows Vistaでのインストール例を示してありますので、とまどうことなくインストールできます。

### ● 第2章～第4章 LTspiceの回路図作成とシミュレーションの基本操作

第2章からLTspiceの基本的な操作について説明し、第3章では、標準の部品やデバイスを利用して回路図を作成する方法を説明しています。必要に応じて目次の見出しを確認しこの第2章、第3章を参照して回路図の作成方法を確認することができます。

第4章から、実際のシミュレーション例をわかりやすいCR回路を実例として、回路図の作成から、テスト信号の設定、シミュレーションの実行、結果の表示とシミュレーションに必要な基本的な事項を説明しています。

## ● 第5章～第7章 LTspiceの各信号源、AC解析などに関連した機能の説明

第6章以降LTspiceの各機能を掘り下げて説明しています。第5章では理想的な挙動を示す汎用のOPアンプを利用して周波数特性を調べています。第6章では、電圧源からパルスを作成する方法を詳しく説明しています。

第7章では正弦波の作成方法を説明し、CRフィルタが正弦波の周波数にどのような影響を与えるか調べています。

## ● 第8章～第13章 デバイスを中心にした説明

第8章では、AC-DCアダプタなどで利用される、ダイオードによる整流回路を中心にLTspiceのシミュレーションの説明を行っています。この中では整流回路の負荷をパラメータ変数として設定し、負荷が変動し出力電流が変わったときに整流回路の各ポイントの電圧、電流のようすがどのように変動するかシミュレーションするパラメトリック解析についても説明してあります。

第9章ではデフォルトのトランジスタを利用した場合の理想的な挙動と、実在のトランジスタを利用した場合の挙動について、その違いと条件などをシミュレーションして確認します。

第10章では、リストにないトランジスタの追加方法を示し、各社がWebページの技術情報として公開しているトランジスタなどのSpiceの .modelパラメータを入手し、LTspiceで利用する方法をトランジスタのSpiceモデルを中心に説明しています。

第11章では、これら新しく追加されたトランジスタを利用して、トランジスタの増幅



回路の動作点を検討するパラメトリック解析を行っています。

第12章ではトランジスタの増幅回路の部品の精度のばらつきによる、増幅器としての増幅度などの特性に対する影響を調べるモンテカルロ解析の説明を行っています。

第13章では、OPアンプの反転増幅器の増幅回路のAC解析による出力特性を調べています。実際の汎用のOPアンプLM358と、レールtoレールの電源電圧まで出力の振幅が得られるOPアンプの出力の振幅状態を確認するためのシミュレーションの方法などを具体的に説明しています。個別のOPアンプのSpiceデータがあれば実際のOPアンプ特性の差がシミュレーションで確認できることが実感できます。

#### ◆ 方形波発振回路

その後、OPアンプによる方形波の発振回路を作成し、FFT解析で方形波の周波数の成分分析を行います。

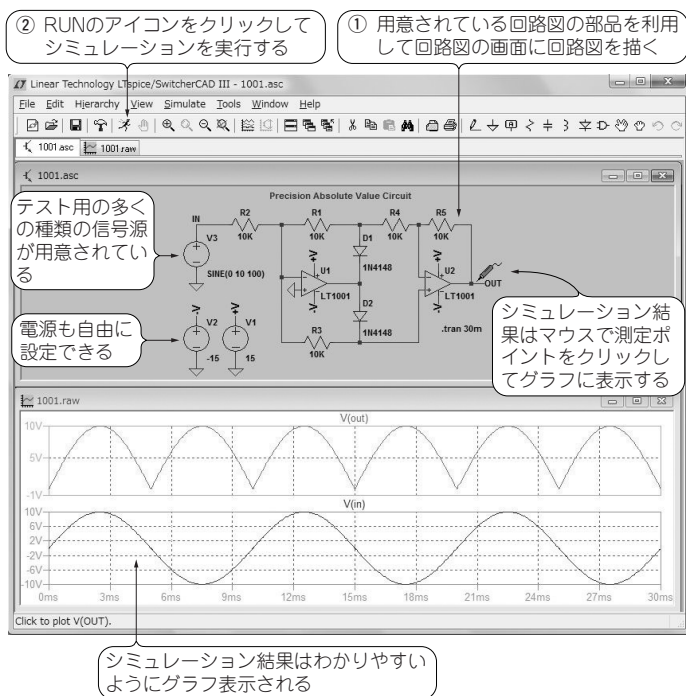


図2 LTspiceIVによるシミュレーション

リニアテクノロジー社のICの使用例が多く用意されている。

## ◆ ハイカット・フィルタ

この方形波の高調波をカットするOPアンプによるアクティブ・フィルタの回路のシミュレーションを行い、周波数特性を調べます。

方形波発振回路とアクティブ・フィルタを組み合わせた正弦波発振回路のシミュレーションを行い、生成された正弦波のFFTによる周波数の成分分析を行っています。

Appendixでは、各社のWebなどで公開されているSpiceモデルを導入する方法を説明しています。

以上第1章から、第13章まで順番に回路図を作成し、シミュレーションを実行しその結果を確認することで、LTspiceの必要な基本機能の利用方法の習得は完了しています。シミュレーションしたい回路を回路図に描き、シミュレーション条件を設定してシミュレーションしてください。

疑問な点、不明なことがありましたら、本書のサポートWebが、

<http://mycomputer.cqpub.co.jp>

にありますので、遠慮なくお問い合わせください。

## 謝辞

CQ出版の吉田伸三氏、手塚哲氏には本書の作成するきっかけを作っていただき、その後も多くの助言により本書を完成することができました。また浅学の身の著者の原稿を注意深く読んでいただき、多くの助言を頂いた中村俊夫氏によって記述がより掘り下げられ有益な記述を多く追加することができました。厚くお礼申し上げます。

またパートナーの洋子により不明や記述のわかりにくい部分の指摘を得て、修正を繰り返しわかりやすいものになったのもいつものスタイルです。

2009年1月 神崎康宏