

アナログウェア

No. 3

電子回路シミュレータ **フルモデル・チェンジ**

LTspice XVII 2 0 1 7 公式和訳マニュアル

[著] Mike Engelhardt
(LTspice 開発者)

[訳] LTspice Users Club

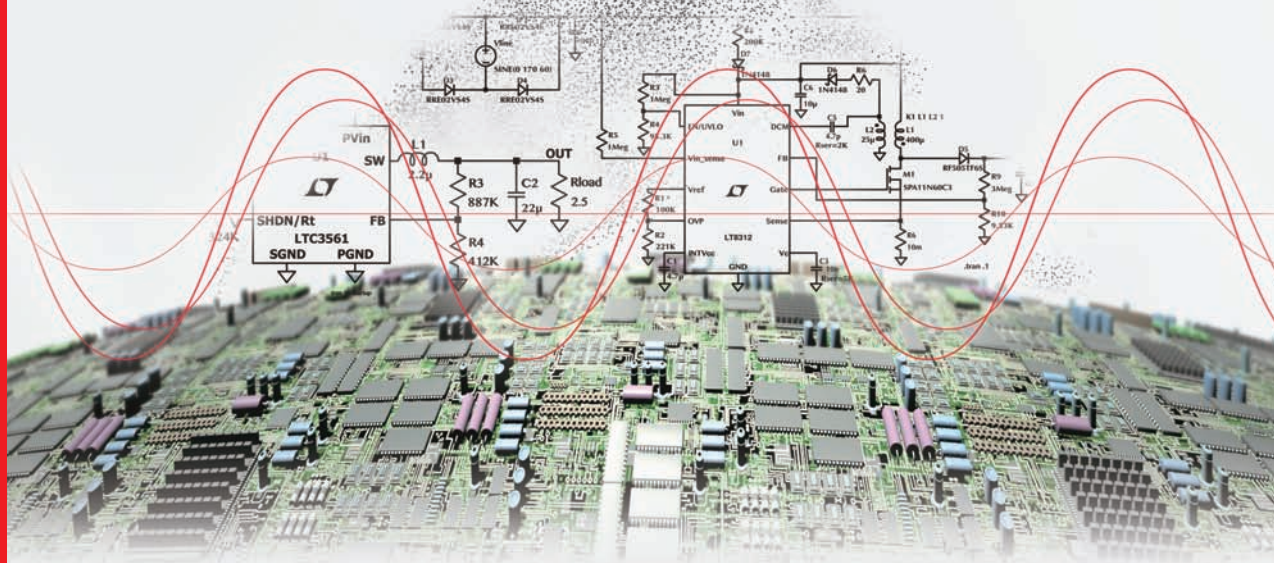
[監修] アナログ・デバイセズ

無償アナログ回路シミュレータ

LTspice



Spice Up Your Solutions.



 **LINEAR**
TECHNOLOGY

NOW PART OF
 **ANALOG**
DEVICES

LTspiceの動作モード

LTspice XVIIは、統合SPICEシミュレータを備えた汎用回路図取り込みプログラムとして使用することを意図しています。これは、回路を作成し(または、すでに下書きされている回路例から始めて)、その動作をシミュレータで観察するという着想です。設計過程では、目的の回路動作がシミュレーションで実現するまで回路を繰り返し作成することが必要です。

(1) 統合シミュレータを備えた汎用の回路図取り込みプログラムとしてこのプログラムを使用する。

メニュー・コマンドは「File」→「New」、および「File」→「Open」(ファイルの拡張子は.asc)

(2) 手作業で作成したネットリストか、別の回路図取り込みツールで生成した外部ネットリストをシミュレータに入力する。

メニュー・コマンドは「File」→「Open」(ファイルの拡張子は.cir)

LTspice XVIIは、統合SPICEシミュレータを備えた汎用回路図取り込みプログラムとして使用することを意図しています。発想は、回路を作成し(または、すでに下書きされている回路例から始めて)、その動作をシミュレータで観察するというものです。設計過程では、目的の回路動作がシミュレーションで実現するまで回路を繰り返し作成する必要があります。LTspiceの旧バージョンには、ユーザ指定の仕様を基にSMPS設計回路を推測しようとするシンセサイザが組み込まれていましたが、その動作モードは廃止されました。

回路図は、最終的にはシミュレータに渡されるテキスト形式のSPICEネットリストに変換されます。ネットリストは、LTspice内で下書きされたschematic回路図から抽出されるのが普通ですが、インポートしたネットリストは回路図なしで直接実行できます。この第2の動作モードにはいくつかの使用法があります。

(i) アナログ・デバイセズ社のフィルタ合成プログラムであるFilterCADは、LTspiceのネットリストを合成して、フィルタのタイム・ドメインまたは周波数応答をシミュレートすることができます。

(ii) LTspiceのベンチマーク・テストを簡素化して、他のSPICEと対比させます。

(iii) 従来のシステムでのSPICEシミュレータには回路図取り込み機能が組み込まれていなかったため、

SPICE回路シミュレータの使用経験が長い専門家は、テキスト形式のネットリストを直接処理することに精通しています。

1-1 回路例

LTspice XVIIには、回路例の出所がいくつかあります。

`%HOMEPATH%\¥Documents¥`

`LTspiceXVII¥examples¥Educational` というディレクトリがあります。ここには、さまざまな種類の解析、方法、またはプログラム機能を示す非営利目的のSPICEシミュレーションの例が多数あります(図1)。

下記のディレクトリ

`%HOMEPATH%\¥Documents¥`

`LTspiceXVII¥examples¥jigs`

には、LTspice XVIIにマクロモデルが用意されているすべてのリニアテクノロジー・デバイスのシミュレーション例があります。

これらの回路は、多くの場合、マクロモデルのテスト用であるにすぎず、必ずしも推奨の基準設計回路ではないことに注意してください。SMPS(Switched Mode Power Supply)回路に使用されているコンデンサの値を監査する必要があります。アナログ・デバイセズ社の最寄りの事業所は、お客様のアプリケーションの要求に合わせて具体的な設計サポートを提供できるはずです。

LTspice XVIIには、Windowsのエクスプローラとファイル・ユーティリティで回路図のプレビューを表示するハンドラが組み込まれていることに注目してください。

1-2 汎用回路図方式のSPICE

これはLTspice XVIIシミュレータのおもな用途です。ライセンスに記載されている制限の範囲内であれば、アナログ・デバイセズ製品を使用しない回路であっても、LTspice XVIIを汎用の回路図取り込み/SPICEプログラムとして自由に使用できます。多くの会社は、LTspiceを自社のEDAツールとして標準

回路図の取り込み

LTspice XVIIは、汎用の回路図取り込みプログラムを内蔵しています。LTspice XVIIを使用すると、回路図の下書き、シンボルの作成、ネットリストの生成、シミュレーション・データの相互調査を実行できます。無制限の回路図サイズおよび階層がサポートされます。

2-1 基本的な回路図の編集

回路図取り込みプログラムは、新しい回路図を作成するか、用意された回路例を修正する目的で使用されます(図1)。回路サイズと階層の深さはコンピュータのリソースだけに制限されます。

このプログラムには、2000を超えるシンボルが付属しています。これらのシンボルは、LTCのほとんどのパワーIC、OPアンプ、コンパレータ、および回

路設計用の多くの汎用デバイスをカバーします。また、このプログラムにインポートするデバイスに対してオリジナルのシンボルを描くことができます。

LTspiceの回路図編集は「名詞-動詞」インターフェースではなく「動詞-名詞」インターフェースです。つまり、移動、ドラッグ、コピー、または削除(動詞)の対象オブジェクト(名詞)を最初に選択するのではなく、最初に動作を選択してからオブジェクトを選択するという意味です。

したがって、オブジェクトの移動、鏡映、回転、ドラッグ、または削除を行う場合は、最初に「Move」、 「Drag」、または「Delete」コマンドを選択します。その後、オブジェクトをクリックすればそのオブジェクトを選択できます。オブジェクトを囲むボックスをドラッグすれば、複数のオブジェクトを選択できます。右マウス・ボタンをクリックするか、Escキーを押す

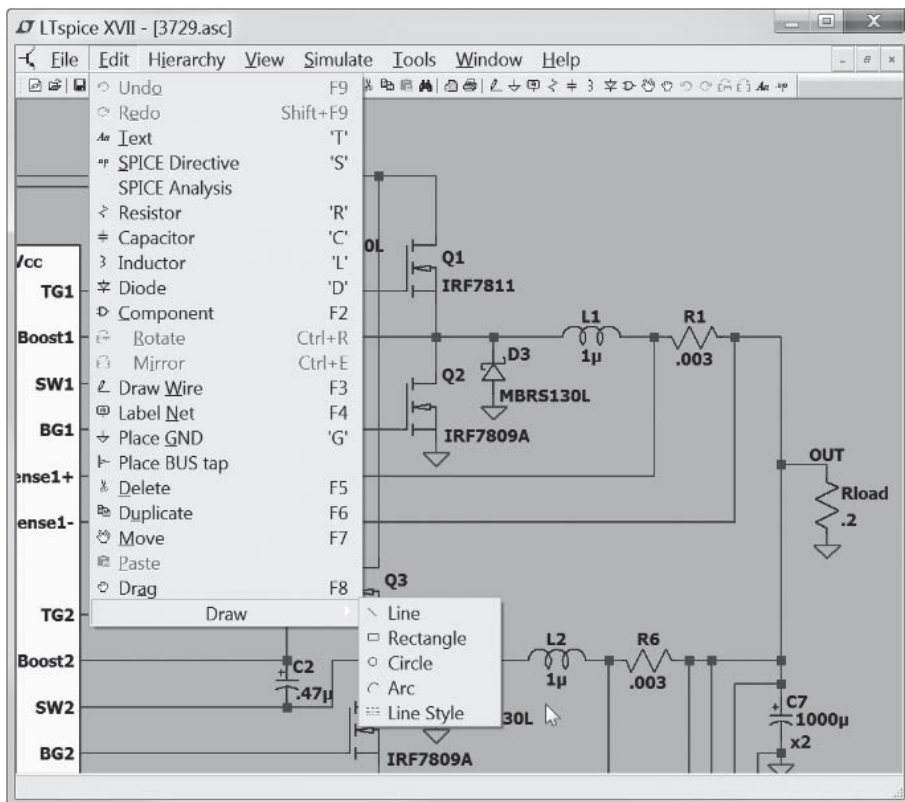


図1 回路図取り込みプログラムの「Edit」メニュー

第3章

トレースの選択からカーソル読み取りまで

LTspiceの波形ビューワ

LTspice XVIIは、シミュレーション・データのプロット方法を完全に制御できる波形ビューワを組み込んでいます。

3-1 データ・トレースの選択

プロットされたトレースを選択する方法は基本的に3つあります。

- (1) 回路図から直接プロービング
- (2) メニュー・コマンド「Plot Settings」→「Visible Traces」
- (3) メニュー・コマンド「Plot Settings」→「Add Trace」

undoコマンドおよびredoコマンドを使用すると、選択方法がどれであっても別のトレース選択方法で再調査できます。

● 回路図から直接プロービング

最も簡単な方法は、回路図をそのままプローブで調べる方法です。素線を単純にポイントしてクリックし、その配線の電圧をプロットします(図1)。(抵抗、コンデンサ、インダクタのような)2カ所の接点をもつ部品の本体をクリックすることにより、その部品を流れる電流をプロットします。サブキットの電圧と電流をすべて保存している場合、この方法は回路階層のすべてのレベルで機能します。また、3ピン以上の部品の特定の接点に流れる電流をプロットするには、シンボルの該当のピンをクリックします。

同じ電圧または電流をダブルクリックすると、その他のすべてのトレースは消去され、ダブルクリックしたトレースが単独でプロットされます。deleteコマンドを選択した後にトレースのラベルをクリックすれば、トレースを個別に削除できます。

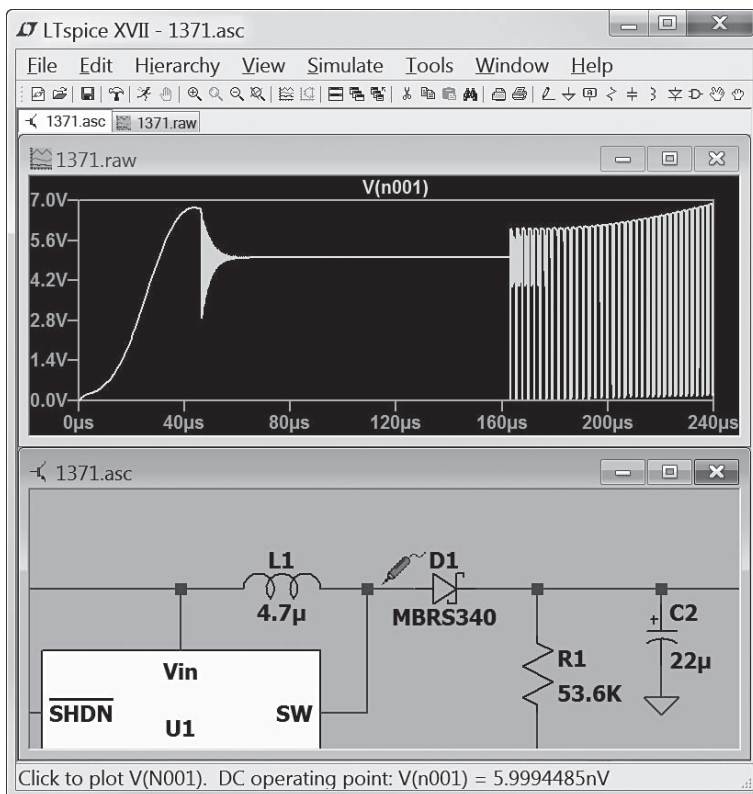


図1 回路図の素線にプロービングする

LTspice XVII マニュアル

LTspice XVIIは、回路図方式の回路シミュレーション・プログラムです。

もともとLTspiceシミュレータは、Berkeley SPICE 3F4/5が原型となっています。以来LTspiceシミュレータは、性能向上、バグ修正、機能拡張のために完全な書き換えを行いました。これにより、このシミュレータは業界標準の半導体モデルおよび挙動モデルを実行できるようになりました。共同シミュレーションを含むデジタル・シミュレーション機能が追加されました。並行処理、SPARSEマトリクス・ソルバでのアセンブリやオブジェクトの動的なコード生成など、アナログSPICEシミュレータを大幅に拡張したことにより、LTspice XVIIは業界最高のアナログ・シミュレータになりました。

多くのアナログ・デバイセズ製品は、カスタム・マクロモデルで現実的な動作を正確にカプセル化する、独自のビルディングブロックおよび/または独自のハードウェア記述言語でモデル化されています。これにより、SMPSのプロトタイプをシミュレーションによって迅速に作成できます。

LTspiceは汎用のSPICEシミュレータとして使用できます。新しい回路は、組み込み回路図キャプチャを使用して作成することができます。シミュレーションのコマンドおよびパラメータは、確立されたSPICE構文(SPICE syntax.)を使用して、回路図にテキストとして配置されます。回路ノードとデバイス電流の波形をプロットするには、シミュレーション中またはシミュレーション後に回路図内のノード上でマウスをクリックします。

本書を補完するきわめて貴重な参考文献は、『Semiconductor Device Modeling with SPICE』(Giuseppe Massobrio と Paolo Antognetti の共著、McGraw Hill社、1993年および後年の再版)です。この本では、各種の商用SPICEプログラムで使用されている半導体デバイスの式や拡張機能(本書で使用したものを含む)が記載されています。

BSIM 3および4のデバイスについては、UC Berkeley CADグループが出している関連文書を参照してください。

LTspiceはアナログ・デバイセズ社の登録商標です。

4-1 回路の記述

回路はテキスト・ネットリストによって定義されます。ネットリストは、一連の回路素子とそのノード、モデル定義、およびその他のSPICEコマンドで構成されます。

ネットリストは、通常、図面で入力します。新しい回路図を作成するには、メニュー項目で「File」→「Open」を選択します。Windowsのファイル・ブラウザが表示されます。既存の回路図を選択して新しい名前前で保存するか、新しい名前を入力して新規に空の回路図ファイルを作成します。LTspiceは、さまざまなタイプのファイルおよび文書を使用します。ファイル名の拡張子が「.asc」のファイルを作成します。回路図取り込みコマンドは「Edit」メニューの下にあります。

コマンドのキーボード・ショートカットは「Schematic Editor Overview」で一覧表示されます。

回路図をシミュレートすると、回路図の図表情報からネットリスト情報が抽出されます。元の回路図と同じファイル名で、拡張子が「.net」に変わります。LTspiceはこのネットリストを読み込みます。

また、手書きしたまたは外部で作成されたテキスト・ネットリストを開いてシミュレートし、編集することもできます。拡張子が「.net」、「.cir」、または「.sp」のファイルは、LTspiceによってネットリストと認識されます。

本書では、ネットリストで使用される構文を記載していますが、まれに回路図レベルのアドバイスも提供しています。

4-2 一般的な構造および規則

解析の対象回路はネットリストと呼ばれるテキスト・ファイルで記述されます。ネットリストの最初の行は、コメントとみなされて無視されます。通常、ネットリストの最終行はシンプルに「.END」だけを記載しますが、これは省略可能です。「.END」以降の行はすべて無視されます。

コメント行と最終行の間にある行について、記述の

第5章

データ圧縮からインターネット・オプションまで

Control Panelへのアクセス

「Control Panel」を表示するには、メニュー・コマンドから「Tools」→「Control Panel」を使用します。ここでは、LTspice XVIIの多くの外観を設定できます。

5-1 Compression

LTspiceは、生データ・ファイルを生成時のまま圧縮します。圧縮ファイルは、圧縮していないファイルの1/50に小さくすることができます。これは不可逆圧縮です。

図1に示す「Control Panel」の「Compression」ページでは、圧縮実行時に生じる損失の程度を制御できます。

- **Window Size (No. of Points)**

2つの端点間に圧縮できる点の最大数です。波形の圧縮を解除するには、0に設定します。

- **Relative Tolerance**

圧縮データと非圧縮データの間で許容される相対誤差です。

- **Absolute Voltage tolerance [V]**

圧縮アルゴリズムによって許容される電圧誤差です。

- **Absolute Current tolerance [A]**

圧縮アルゴリズムによって許容される電流誤差です。

これらの圧縮設定は、デフォルト設定の使用を促すため、プログラムを複数回起動した場合は引き継がれ

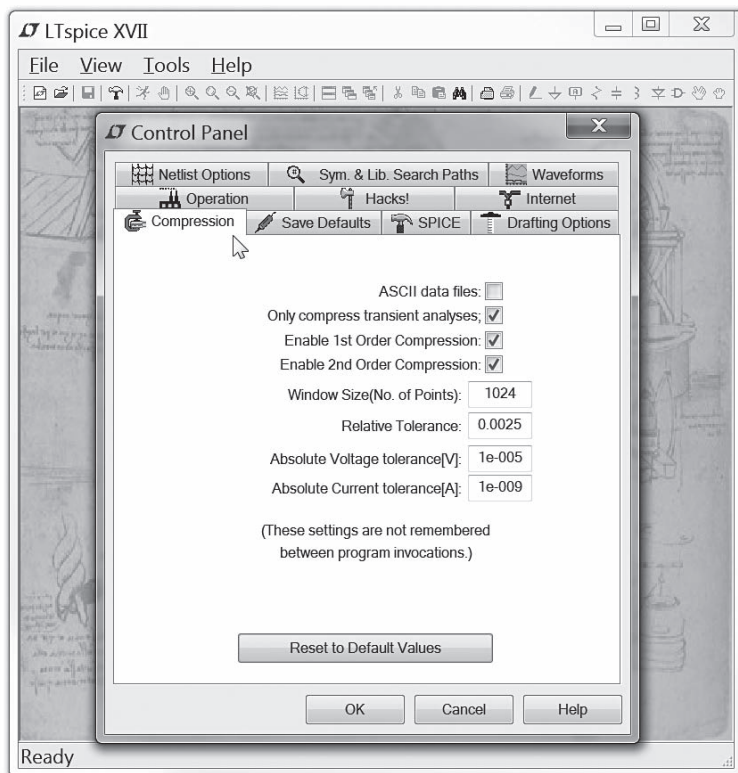


図1 Compressionの設定項目

第6章

インストールからユーザズ・グループまで

よくある質問への回答

6-1 SPICEの差別化

● LTspiceがほかのSPICEプログラムより優れているのはなぜですか？

経済的な側面です。

もし私がEDA企業向けにSPICEプログラムを開発すれば、数百万ドル程度の総収益を上げることが可能です。しかし、私がIC企業向けに同じプログラムを開発し、それを使ってICを設計して販売すれば、同じシミュレータが15億ドルの収益へのクリティカル・パスになるのです。

● 確かにそうですね。ですが、LTspiceとほかのSPICEの間にある大きな技術的差異は何ですか？ Berkeley SPICEに基づいているすべてのSPICEが、必ずしも本質的に同じソルバであるとは言えないのですか？

LTspiceは、市販されているほかのSPICEプログラムより劇的に改良されたバージョンのSPICEです。これらの改良の大半は独自のものですが、LTspiceとほかのSPICEプログラムとの違いを説明する記事が参考文献(1)にあります。

記事では、比較のためにPSpiceの古いバージョンからLTspiceのより優れたソルバまで画面ダンプを使用していますが、ネットリストは機械で読み込むことができます。また、商用シミュレータの現行バージョンでネットリストを実行して、(i) 問題が解消されないことと、(ii) SPICEソフトウェア会社では開発が中止されたSPICEソルバを開発したことを理解することができます。

● わかりました。ですが、そのGUIはどうですか？

LTspiceのGUIは、回路図を入力するのに必要なキーボード入力とマウスの動きの統計解析が基本となりました。LTspiceのGUIは、実験的に圧倒的な成功を収めているだけでなく、回路図の入力に使用するうえで実際に最も簡単なGUIです。

◆参考文献◆

(1) Mike Engelhardt ; SPICE の差別化, LT Journal of

Analog Innovation, 2015年1月.

<http://cds.linear.com/docs/jp/lt-journal/jLTJournal-V24N4-01-df-SPICEDifferentiation-MikeEngelhardt.pdf>

6-2 インストールの問題

● LTspice XVIIのインストール方法を教えてください

<http://www.linear-tech.co.jp>

にアクセスして、LTspiceXVII.exe ファイルをPCの一時ディレクトリにダウンロードします。インストール対象のLTspiceXVII.exeを実行します。管理者として実行する必要があります。

ダウンロード・ファイル(LTspiceXVII.exe)は、リニアテクノロジー社によってデジタル署名されています。

● LTspiceのインストール・プログラムをダウンロードしましたが、使用中のWindowsのバージョンとは互換性がないと表示されます。現在使用中のWindowsバージョンで動作するプログラムを入手できますか？

Windows 7, 8, または10を使用している必要があります。Windows XP^(注1)ではLTspice XVIIは動作しません。

Windows 7, 8, または10を使用していて、インストール・ファイル(LTspiceXVII.exe)に関するエラー・メッセージが表示された場合は、ダウンロード中にファイルが破損しています。

この状況が発生する可能性があるのは、低速の接続経路でインストール・ファイルをダウンロードしている間に(ウェブ・サイトのメンテナンスにより)サーバのファイルが改訂される場合です。ファイルをあらためてダウンロードする必要があります。Windows 7 x64は、現在LTspice XVIIの最も一般的なプラットフォームです。

注1 : LTspice IVはWindows XPユーザ向けに今でも使用可能ですが、LTspice IVが今後更新されることはありません。