

トランジスタ技術 SPECIAL

回路&プリント基板設計から物理解析まで無償ツールで一気通貫

電子回路設計 ツール大全

DVD
2枚付き



見本

付属DVD-ROMのコンテンツ

- 電子回路シミュレータ
LTspice 24
 - 電子回路シミュレータ
QSPICE
 - プリント基板設計ツール
KiCad
 - 高周波回路シミュレータ
QucsStudio
 - 記事関連データ
 - 物理シミュレータ
- ほか

**実務
教科書**
「学ぶ」を応援!

CQ出版社

無償で高機能が続々! 今どき回路の設計ツール

エンジニア Engineer

回路設計ツールがますます重要になる

さまざまな無償の設計ツールを個人が利用できる環境が整ったことで、これからの技術者にはこれらの設計ツールをうまく使いこなすことが求められます。

また近年は各種設計ツールの高機能化、クラウド化、さらにはAI技術の導入が進められており、設計ツールをいかに上手に使いこなせるかが製品の競争力を維持する上で重要になってきています。

設計ツールは電子機器開発の工程別に提供されていることがほとんどです。電子機器開発の主要な工程は、システム設計、回路設計、プリント基板設計(電磁界解析なども含む)、筐体設計に分類されます。

今どきの回路設計ツール

回路設計では単純に回路図を描き起こすだけでなく、電子機器の電気仕様を満足すべく回路シミュレーションを実施します。

回路設計ではシステム設計の検証結果をもとにブロック図を作成し、ブロック単位で回路シミュレーションを実施します。ただし、電氣的な重要度が低い回路やほかの機器から流用した回路などは、回路シミュレーションなしで部品選定に進むこともあります。回路シミュレータは用途別に汎用、高周波用、パワー・エレクトロニクス(パワーエレ)用に分類されます。FPGAなどの論理回路の開発も回路設計に含まれます。

● 汎用回路シミュレータ…LTspiceの強み

汎用の回路シミュレータとしてはLTspiceが最も一般的です。LTspiceはアナログ・デバイセズ社が提供するSPICE系の回路シミュレータです。無償で回路規模に制限がないため、趣味レベルから実務まで多岐にわたって使用されています。またさまざまなドキュメントが整備されていることもLTspiceの強みです。

● LTspice だけじゃない!

実務レベルでデファクト・スタンダードとなっているのがPSpice(ケイデンス・デザイン・システムズ)です。PSpiceは有償のソフトウェアですが、回路設計CAD(OrCAD Capture)とシームレスに連携しているため、効率的に回路設計を進めることができます。

なお、PSpiceには無償版のPSpice for TI(テキサス・インスツルメンツ)もあります。PSpice for TIは一部機能制限がかかっているものの、回路規模に制限はありません。

そのほかの汎用回路シミュレータとしては、LTspice開発者が新しく作っているQSPICE(コロポ)や、オンラインで動作するDesignSpark(アールエスコンポネンツ)の回路シミュレータ、Ngspiceなどがあり、無償で使える機能やできることは広がるばかりです(図1)。

● 高周波用回路シミュレータ

高周波用の回路シミュレータはSパラメータ解析を実行できます。Sパラメータは信号の入射波と反射波の関係を行列で表したもので、インピーダンスの不整合によって信号が反射する高周波の分野では必要不可欠なデータです。また汎用の回路シミュレータと同様にAC解析やトランジエント解析に対応しているほか、

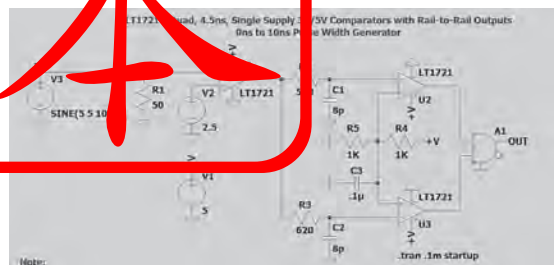


図1 回路シミュレータの進化が近年目ざましい…汎用LTspiceはもちろん高周波からパワーエレまで新しい無償回路シミュレータ登場の時代

LTspice開発者が新しく作っているQSPICEなどが登場している。無償版にもアナ/ディジ混在などの新機能がどんどん増えてきて、今後スイッチングやパワーエレ対応なども期待される。図はLTspiceパルス発生回路

電子回路設計ツール大事典【付属DVD対応】



ツールの一覧表(ダウンロード・リンク含む)もDVDに収録しています

選定者(50音順): 宇猫 まぬ, 川口 正, 佐藤 弘樹, 白井 慎也, 杉山 洋憲, 善養寺 薫, 田口 海詩, 常田 裕士, 新里 祐教, 西 剛伺, 古川 玲, 宮原 裕人, 吉田 紹一

1. 主な電子回路シミュレータ

〈佐藤 弘樹, 川口 正, 善養寺 薫〉

LTspice

DVD1
に収録

開発/提供元:

アナログ・デバイスズ

フリーで使用可能なうえに、シミュレーションできる回路規模や波形表示の制約がない(図1)。

そのため、旧リニア・テクノロジー製品を含むアナログ・デバイスズ製品のシミュレーションだけでなく、ホビー用途や大学などでの研究、教育にも使われている。

基本的にはGUI上での回路図エディタによりシミュレーション・テストベンチを視覚的に作成するが、ネットリストによるシミュレーションも可能である。実行命令などはSPICEディレクティブとしてテストベンチ内にテキストで記述する。シミュレーションの実行、波形表示までGUI上で行えるが、さらにコマンドによるバッチ処理も可能である。

元々はリニア・テクノロジーのフィールド・アプリケーション・エンジニアリング用として、1999年10

月に顧客限定でLTspice/SwitcherCADⅢとして配布されていた。2001年6月に同社のWebページから無償でダウンロードできるようになると、ユーザー数が飛躍的に増えた。2016年7月にリニア・テクノロジーがアナログ・デバイスズに買収され、現在はアナログ・デバイスズから引き続き提供されている。

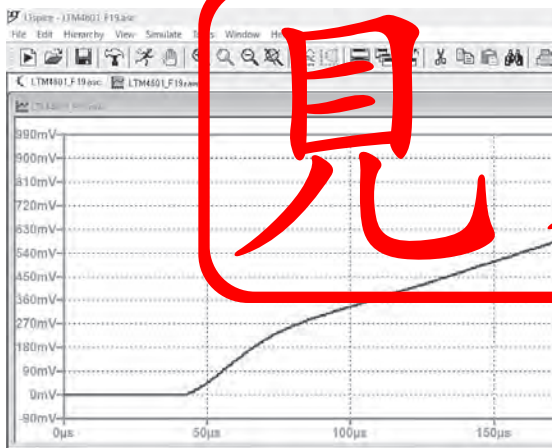
さまざまな文献が出版され、ユーザー・コミュニティも盛んである。

有償/無償: 無償 制限: なし

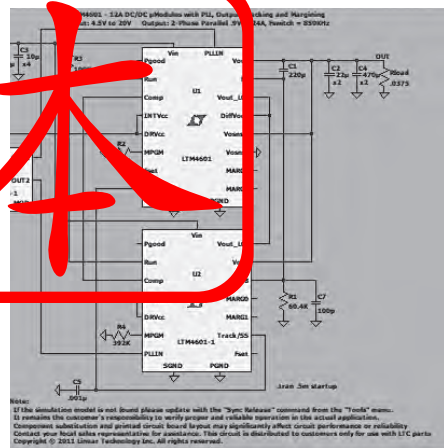
ライセンス: 独自 提供形式: インストーラ

対応OS: Windows, macOS

ダウンロード: <https://www.analog.com/jp/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>



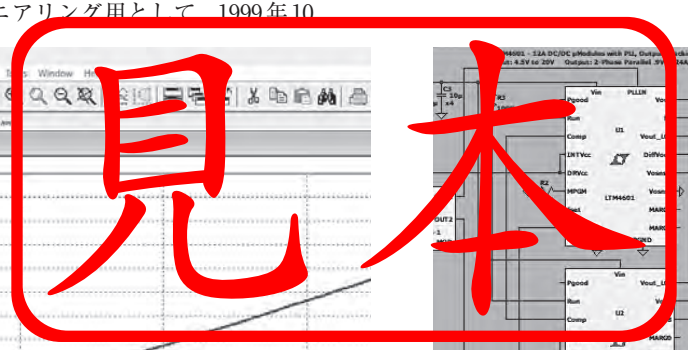
(a) 波形



(b) 回路

図1 無償で使えて回路規模の制限がない、王道の回路シミュレータLTspice

ユーザーが多く、資料が多いのも初学者には嬉しい。図はLTM4601 2相並列のLTspiceデモ回路シミュレーション



URLは変わることがありえるので、適宜読み替えてください。

QSPICE

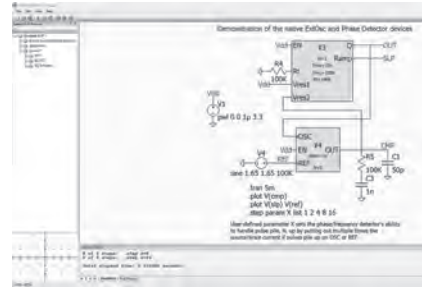
DVD1 (ただしインス) 開発/提供元：
に収録 (トーラのみ) コルボ

2023年7月にコルボ社からリリースされた無償のSPICEシミュレータ(図2)。長年LTspice開発を先導していたマイク・エンゲルハート氏が開発した。

シミュレーション実行時間の短縮と収束精度の向上が特徴。例えば、トランジェント解析では、ニュートンラフソン法によるイタレーション(反復計算)とタイムステップ制御のアルゴリズムを改善している。特にスイッチング電源やPLLなど、シミュレーション上に複数の時間応答が含まれるシミュレーションでは、従来よりも実行時間が大幅に短縮できる。

操作はLTspiceと似ていて、LTspiceに慣れたユーザなら違和感なく使える。SPICEディレクティブ入力ではオート・コンプリート機能が働くなど、操作感が向上している。用意されているモデルはコルボ製品のディスクリット部品とビヘイビア・モデルが中心で、.modelやsubcircuitで用意されたSPICEモデルの読

図2 往年のLTspiceと似た操作感を持ちながら、シミュレーション実行時間が早くなったり、C++やVerilog記述モジュールが作れたりと進化している



み込みも可能。C++やVerilog記述のモデルも使用できる。C++やVerilog記述では、入出力を定義すると、その定義を用いたテンプレートが自動作成される。

有償/無償：無償 制限：なし ライセンス：独自
提供形式：インストーラ 対応OS：Windows
ダウンロード：<https://www.qorvo.com/design-hub/design-tools/interactive/qspice>

PSpice for TI

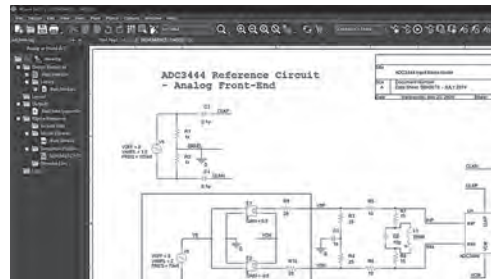
開発/提供元：ケイデンス・デザイン・システムズ/
テキサス・インスツルメンツ

代表的なSPICEシミュレータの1つであるOrCAD PSpiceの無償版。PSpice自体はケイデンス・デザイン・システムズ製品だが、テキサス・インスツルメンツよりPSpiceの機能限定版として提供されている。他社製のモデルを使用すると電圧プローブや電流プローブが3カ所に限られるなど、一部機能が製品版と異なる。モデルが充実していることが特徴であり、テキサス・インスツルメンツやそれ以外からもモデルが入手できる。

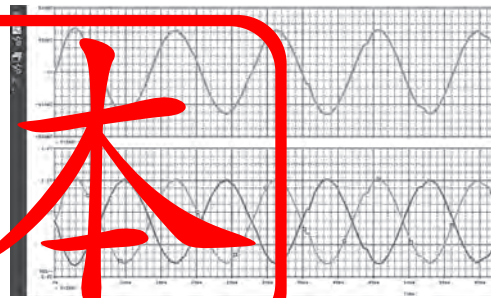
GUI上でシミュレーション実行、波形表示まで行える。実際は、回路図エディタOrCAD Captureでシミュレーション・テストベンチの作成【図3(a)]を行い、OrCAD PSpice simulator and Probe wave form viewerでシミュレーションの実行、波形の表示【図3(b)]を行う。ユーザはツール間を意識せずシームレスに実行できる。

PSpice自体の歴史は古く、1984年にマイクロシム社が開発した、世界初のパソコンで実行できるSPICEシミュレータである。その後1998年にOrCAD社によるマイクロシムの買収、さらには2000年にケイデンス・デザイン・システムズによるOrCADの買収により、現在はケイデンス・デザイン・システムズからOrCAD PSpiceとして有償版が提供されている。

PSpice for TIは、テキサス・インスツルメンツから提供され、フォーラムでは直接同社エンジニアからの回答を得られる。



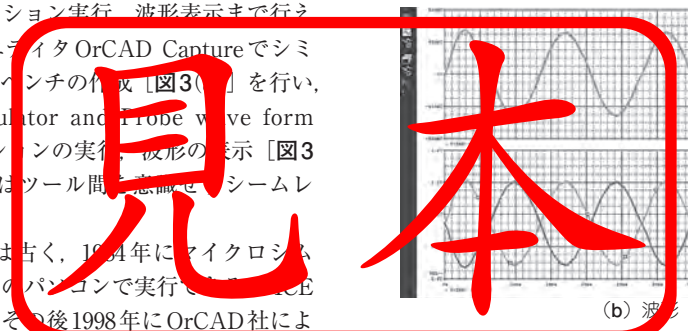
(a) 全体



(b) 波形

図3 PSpiceは歴史が長く、モデルが充実している

有償/無償：無償 制限：TI以外のモデル使用時はプローブ数などに制限あり
ライセンス：独自 提供形式：インストーラ
対応OS：Windows
ダウンロード：<https://www.ti.com/tool/ja-jp/PSPICE-FOR-TI?>



オープンソース混在時代の ライセンス基礎知識

松永 慎司 Shinji Matsunaga

オープンソース時代は ライセンスの理解が必須

オープンソース・ソフトウェア(以下OSS)とは、ソースコードが公開されていて、誰でも自由に利用できるソフトウェアです。

OSSは多くの場合ボランティアに開発されていて、ライセンスによって無償での利用が許諾されています。

OSSは自分で改造したり、OSSを組み込んだ自作のソフトウェアを配布したりすることもできますが、その場合は特にライセンスを深く理解し、遵守する必要があります(表1)。

基本ライセンス①…MITとBSD

MITライセンスとBSDライセンスは学術機関で発展してきたライセンスで、研究のためにソースコードを共有し、発展させる目的で作られたものです。

これらのライセンスは**著作権とライセンスを表記すること、および著作権者が責任を負わないこと以外に強い制約はなく**、ソフトウェアを自由に利用、改造できるという特徴があります。

BSDライセンスは、MITライセンスの規定に加えて、開発者の名前を派生したソフトウェアの宣伝に無断で使ってはならない条項があります^{注1}。

なお、MITライセンスはマサチューセッツ工科大学で作られたライセンス、BSDライセンスはカリフォルニア大学バークレー校で作られたUNIX OSのBSDに適用されていたライセンスです。

ほかにも大学で作られたライセンスはありますが、現在ではおおむね、この2つに収斂しています。

注1: BSDライセンスにはいくつか種類があるが、ここでは一般的に利用されている3条項BSDライセンスを指している

基本ライセンス②… ビジネス向きApache

Apacheライセンスは、MIT/BSDと同様に制約がゆるい**寛容(permissive)なライセンス**ですが、**特許の許諾に関する条項がある**という点が異なります。

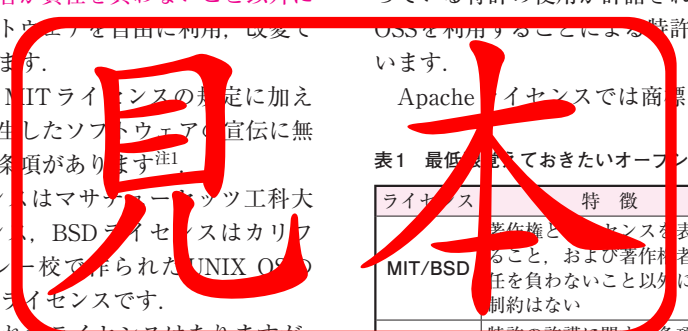
インターネットの普及期に入ると、Webサーバなどの用途を中心にOSSの商業利用も活発になります。ソースコード公開義務のあるGPL(GNU General Public License、後述)よりも、ビジネスと親和性の高いライセンスが求められるようになりました。これに応える形で、オープンソース・イニシアティブ(Open Source Initiative、OSS団体の1つ)が主導して「オープンソース」の定義やライセンス定義が形作られていきました。また、ネットビジネスの隆盛でソフトウェアの利用が増えると、ソフトウェア特許の侵害に対する懸念も増大してきました。このような背景で登場したのが、特許条項を備えたApacheライセンスです。

Apacheライセンスの特許条項では、そのOSSで使っている特許の使用が許諾されています。これにより、OSSを利用することによる特許侵害の懸念を軽減しています。

Apacheライセンスでは商標やロゴの利用は許可し

表1 最低限覚えておきたいオープンソース・ライセンス4選

ライセンス	特徴	備考
MIT/BSD	著作権とライセンスを表記すること、および著作権者が責任を負わないこと以外に強い制約はない	寛容(permissive)なライセンスと呼ばれる
Apache	特許の許諾に関する条項がある	
GPLv2	派生して作成したソフトウェアの公開を義務とする。GPLのソフトウェアに変更を加えた派生物にもGPLを適用	ソフトウェアを実行/改変/再配布/公開する自由を保証
GPLv3	GPLv2に加え、改造したソフトウェアをハードウェアにインストールできるようにすることを要求している	ソフトウェアだけでなく、ハードウェアに対する要求もある



定番シミュレータLTspiceでアナログ回路シミュレーション

田口 海詩 Uta Taguchi

電子回路シミュレータの絶対的エース [LTspice]

SPICE系のアナログ回路シミュレータは数多く存在しますが、最初にお勧めしたいのはLTspiceです。

LTspiceは、ICメーカーであるリニア・テクノロジー（現在はアナログ・デバイセズ）で開発され、社内でIC設計およびアプリケーション回路開発用として使用されていました。

2001年に自社IC製品の販促用としてSwitcherCADという名称で一般公開されています。LTspiceは演算スピードと収束性がほかのSPICEより優れ、ソフトウェアが無償提供されたこともあり、回路設計エンジニア・コミュニティの間で瞬く間に普及していきました。

● LTspiceで使用できるデバイス・モデル

現在LTspiceは、アナログ・デバイスが提供するソフトウェアとなっているので、アナログ・デバイス、旧リニア・テクノロジー、旧マキシムの多くのIC製品がデバイス・モデルとしてライブラリに登録されています。LTspice(図1)の[Tools]メニュー→[Update components] (前バージョンでは[sync database])を選択すると新しくデバイス・モデルとして追加されたデータを自動でダウンロード更新できます。

● デバイス・モデルが使えるサンプル回路

ICのデバイス・モデル選択画面にある[Open Example Circuit] ボタンを押すと、シミュレーション可能なサンプル回路も同時に入手できるので、初心者にとっては非常にありがたいです。

[File]メニュー→[Open Examples...]を選択するとApplicationsまたはEducationalフォルダにシミュレーション可能なサンプル回路がたくさんありますので、電子回路の動作を学習したい場合に非常に役に立ちます。

LTspiceで「倍周波磁気変調器」のふるまいをシミュレーションしてみる

LTspiceのシミュレーション例として、常温でもある程度高感度な磁場計測を行えるフラックスゲート(Fluxgate)磁力計を製作し、その特性を実験で検証します。

フラックスゲート磁力計は、磁気飽和特性をもつコアを用いて微小磁界を検出します。図2に全体構成を示します。

本稿では、LTspiceを用いてフラックスゲート磁力計に使われる倍周波磁気変調器の動作をシミュレーションしながら使い勝手を検証してみます。

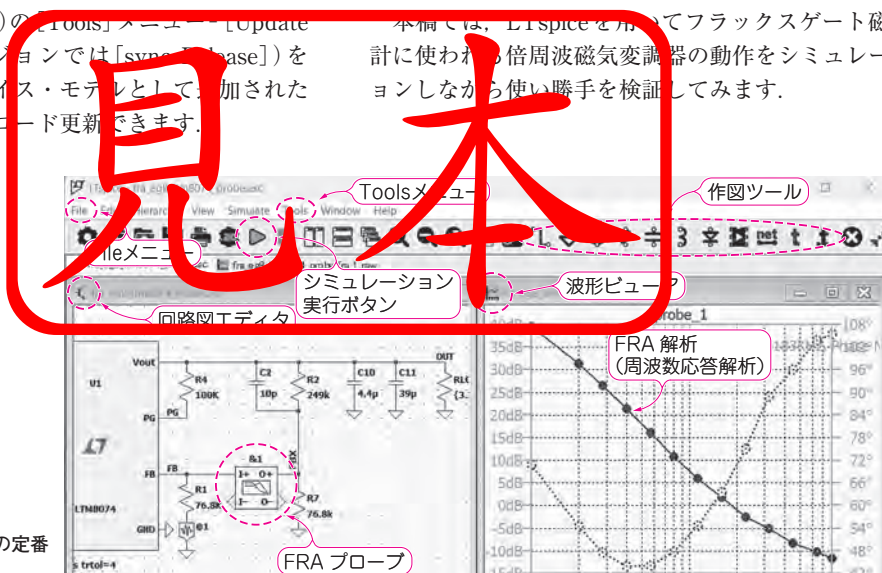


図1 回路シミュレータの定番 [LTspice]

column 01 バージョンアップしたLTspice 24

田口 海詩

ツール大辞典

LTspice

SPICE

Pspice

KiCad (α)

QuasStudio

CST

● 演算スピードが10%程度アップ! 回路図エディタ、波形ビューアのユーザ・インターフェースも改良

LTspiceは2023年11月に久々の大幅バージョンアップが行われ、ソフトウェア名称がLTspice 17.1からLTspice 24に変更になりました。

SPICE演算スピードが10%程度速くなり、回路図エディタ、波形ビューアのユーザ・インターフェースに改良が加えられています。特にシミュレーション結果を表示する波形ビューアは、シミュレーション途中でも波形拡大・移動ができる機能が追加されています。

スイッチング電源のシミュレーション回路にはスイッチング周波数とフィードバック・ループ制御の時定数が混在しているため、細かい時間分解能で長時間のシミュレーションを行うことが普通の使い方です。

パソコンの性能にもよりますがシミュレーションに数分かかる場合もあります。以前のバージョンではシミュレーションが終了しないと波形拡大ができませんでしたが、LTspice 24では解消されています。

● 任意のポイントで周波数応答解析を行える

SPICEでフィードバック回路の安定性を評価するにはAC解析をしますが、回路上にスイッチング動作のような非連続的な回路が入っている場合は、AC解析を使用できません。

スイッチング回路のループ・ゲイン解析を行う場合は、トランジェント解析でいくつもの周波数信号をフィードバック・ループ内に注入してシミュレーションを実行し、measコマンドを用いてループ・ゲイン特性のグラフ化に必要な数値の抽出を行います。

この一連の測定シーケンスを周波数応答解析(Frequency Response Analyze: FRA)と呼び、LTspice 17.1からfraコマンドとして機能追加されています。fraコマンドを用いると、簡単にスイッチング電源の安定性評価を行えるようになりました。

LTspice 24では回路の任意のポイントでFRA解析を行えるようにするため、fra4端子プローブ部品がライブラリに標準で追加されています。

● 倍周波磁気変調器の原理…励磁信号成分を除去して倍周波信号成分のみを検出する

フラックスゲート磁力計に使われる倍周波磁気変調器の動作原理を図3(a)に示します。

磁気飽和特性を持つコアを用い、コアが十分に飽和するような励磁電流(励磁周波数 $1f$)を流します。コア内部に直流磁場が発生しない場合の励磁波形は、図3(a)の破線に示すように上下対称です。コア内

部に直流磁場があると実線のように励磁波形の上下対称性が崩れて高調波成分が発生します。高調波成分の中で一番大きな倍周波成分 $2f$ を測定すると、コア内部に発生する微小磁場を測定できます。

通常、地磁気などの微小磁場を検出する場合には、図3(b)のように検出巻き線をコアに巻いて励磁信号成分 $1f$ を除去することで、倍周波信号成分 $2f$ のみを検出します。

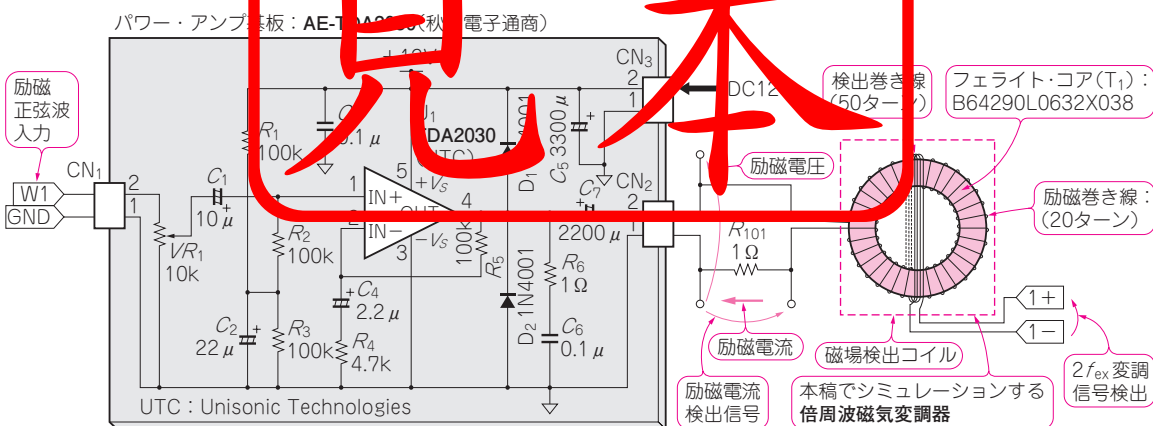


図2 フラックスゲート磁力計の回路構成

サクサク電子回路シミュレータ! 注目QSPICE入門

田口 海詩 Uta Taguchi

回路シミュレータの問題… アナログとデジタルは別々に

● アナログ回路もマイコンは当たり前なのに…

現在の電子回路はアナログとデジタルのデバイスが混在し、さらにマイコンのプログラムで回路制御を行うミックスド・シグナル回路 (mixed-signal circuit) があたりまえの時代となっています。

家電製品の温度制御はマイコンを用いるのが一般的であり、スイッチング電源の制御回路にはいつの間にかデジタル制御を取り入れた製品が出てきています。

アナログ回路とデジタル回路が混在する回路をシミュレーションする場合、今までは、アナログ回路とデジタル回路のインターフェース仕様を明確にし、それぞれを分離して別々に検証するのが一般的なスタイルでした。

注目の回路シミュレータ QSPICEの特徴

● その①…アナログとデジタルと制御ソフトをバランス良くトータル・シミュレーション

Qorvo社よりリリースされたQSPICEは「アナログ回路、デジタル回路 (Verilog HDL)、マイコンで動作するアルゴリズム (C++) を一括でシミュレーションしてしまおう!」という発想で開発されたシミュレーション・ソフトウェア (シミュレータ) です。



図1 誰でも使える新型電子回路シミュレータ「QSPICE」を無料ダウンロードできるQorvo社のWebページ

QSPICEの製作者はLTspice開発でもおなじみのマイク・エンゲルハート (Mike Engelhardt) 氏なので、LTspice開発でこれまで得てきた経験をもとに、シミュレーションの速度・機能性・収束性に加えて、使い勝手を向上させたSPICEに仕上げています。

● その②…シンプルでサクサクのサイズ30 Mバイト
実際にQSPICEを使ってみて気が付くことは、ユーザ・インターフェース (GUI : Graphical User Interface) がとてもシンプルで使いやすく、SPICEコマンドもテキスト入力のみに戻し、非常シンプルでわかりやすい作りとなっています。

めったに使わない冗長的な機能や豪華なGUIは極力省いているので、QSPICE全ての実行ファイルは30 Mバイト弱と、他のSPICEプログラムと比べても非常に軽量で軽快に動作します。

● デメリット

デメリットを挙げるとすると、同梱されているライブラリのデバイス・モデル数が少ないことです。

QSPICEの入手から起動まで

● 手順① QSPICEのWebページへ

図1に示すQorvo社のWebページ⁽¹⁾から「QSPICE」タグを選択し、ダウンロード・ボタン「GET STARTED」をクリックすると図2に示すQSPICEの



図2 まずはQSPICEのWebページから名前とメール・アドレスを登録する

第6章 回路と制御と温度…今どきのシステムまるごとシミュレーション

QSPICEによるアナログ回路×マイコン制御の同時解析&設計入門

田口 海詩 Uta Taguchi

本章では、QSPICEの特徴の1つでもあるアナログ回路とマイコン制御を含むミックスド・シグナル回路の解析を行います。PID(Proportional-Integral-Differential)温度制御回路を設計します。

やること… 温度制御回路&システムの設計

● 制御回路の全体構成

デジタルPID温度制御システムの構成を図1に示します。加熱ブロックにヒータと温度センサを取り付け、可変電源からヒータに電力を供給して加熱します。加熱ブロックの温度センサで温度を測定し、温度制御回路にフィードバックします。

温度制御回路はマイコンを使用し、温度設定値と温度センサからのフィードバック値からヒータに加える電力操作量を算出します。

● 制御はマイコンによるPID

加熱対象の熱容量が大きい場合、ヒータと温度センサとの間にタイムラグ(むだ時間)が発生します。むだ時間を含む温度制御を行う場合、温度設定値と測定値の誤差成分をそのままフィードバックするだけではうまく制御できません。そこで、PID制御を採用します。

PID温度制御はアナログ回路を用いて実現できますが、現在ではマイコンを用い制御量をプログラムで算出するデジタルPID制御方式が一般的です。マイコ

ンを使用すればPID定数をデジタル値で扱えるので、柔軟で再現性の高い制御を実現できます。

シミュレータによる効率設計のポイント

● 温度制御と熱回路をまるごと QSPICE 解析

QSPICEでは、C++で記述したプログラム(演算アルゴリズム)をデバイス・モデルとして扱えます。また、図2のように、発熱物を電気回路に置き換えてシミュレーションすることもできます。

本稿では、デジタルPID温度制御と熱回路を一括でシミュレーションします。温度制御にPID制御を用いますので、加熱ブロックの温度特性に合ったPID定数を探ります。

● 効率的な温度制御パラメータ調整

実際の温度制御では、加熱ブロックの熱容量が非常に大きい場合、制御温度が目標値に到達するまでに時間を要する場合があります。最適なPID定数を決定するには、何度かの試行錯誤を必要とするため、1回の実験に時間がかかると非常に苦労します。

SPICEシミュレーションを活用すれば、最適なPID定数を短時間で見つけ出せます。また、熱容量が大きな場合でも短時間で結果が得られます。時間のかかる温度制御システムを設計する場合には、シミュレータの活用が必須とされます。

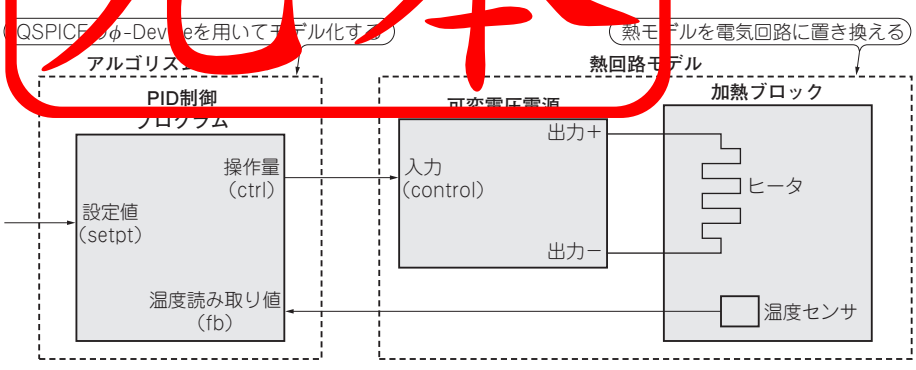
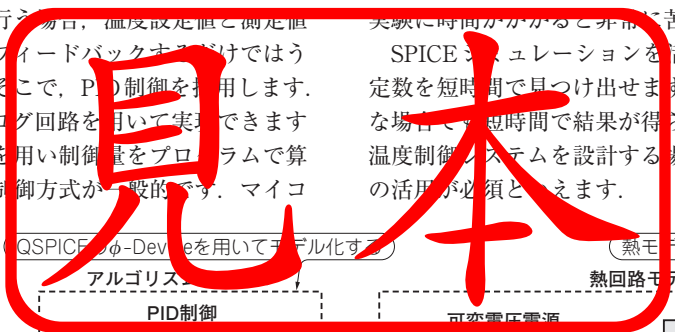


図1 PID温度制御システムの構成
熱モデルは、等価の電気回路に置き換えて熱回路としてシミュレーションする。QSPICEではプログラムをアルゴリズム・モデルとして扱える



自動電源制御オーディオ・アンプ回路の動作解析&実測

小川 敦 Atsushi Ogawa

本章では、電源電圧を自動制御する高効率オーディオ・アンプを作ります。まずは、テキサス・インスツルメンツ(TI)が無償提供している電子回路シミュレータPSpice for TIを活用してアンプの動作を解析します。その後、実際に組み立てて特性を測定してみます(写真1)。

● オーディオ用パワー・アンプの方式

オーディオ用パワー・アンプの出力段には、図1のようにいろいろな方式があります。常にトランジスタに電流が流れているA級アンプや、半波ごとにトランジスタが切り替わるB級アンプ、さらにB級アンプを改良したAB級アンプがあります。

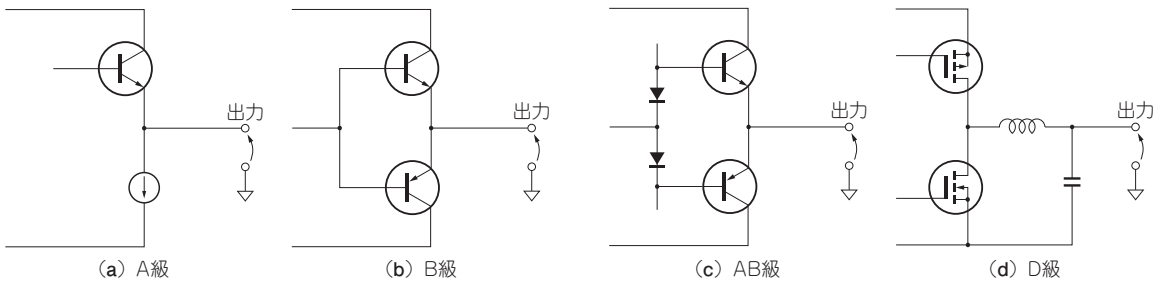


図1 オーディオ用パワー・アンプの出力段の方式

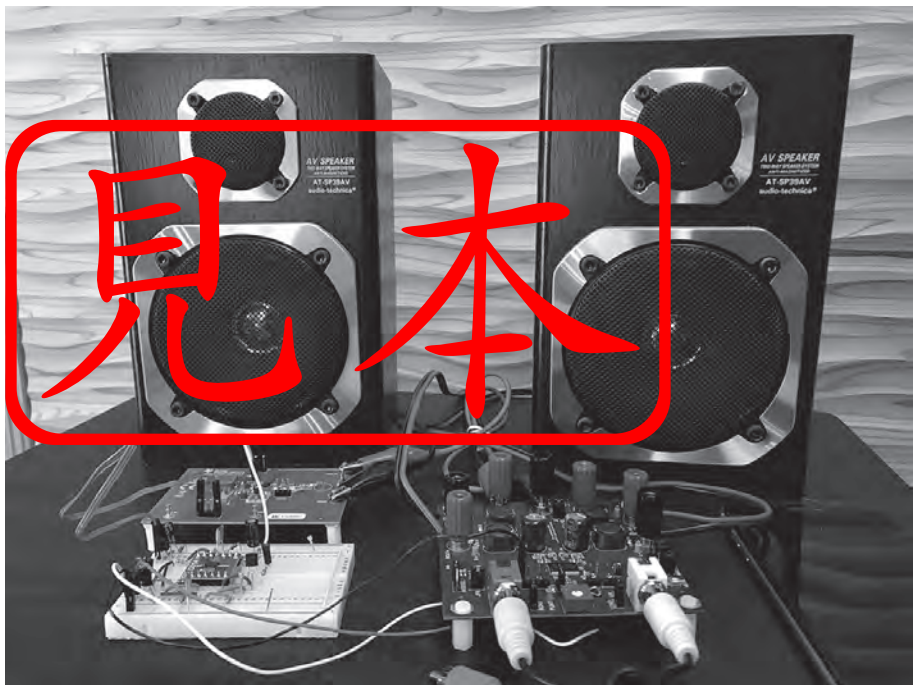


写真1 無償で使えるPSpice for TIを活用して電源電圧を自動制御する高効率オーディオ・アンプを作る
スピーカを接続した、エンベロープ・トラッキング電源を使用したPWMパワー・アンプ。PSpice for TIならTI部品の動作シミュレーションも簡単

Type-C対応USB-シリアルCH340E! しゃべる・光る・IoTアクスタ回路基板

宇猫 まぬ Manu Uneko

基板設計をする際、数時間かけて配線作業をしていて、最後の配線がどうしても通せないとなると、つらい気持ちになります。また、基板外形寸法の制約が厳しく部品配置がギリギリなときに、この部品配置で配線をすべての配線を結線できるのか不安になるときもあります。

自動配線機能を使えば、自動で結線作業を実行してくれます。部品配置を工夫しながら何度も自動配線を実行し、最適な部品配置を探すというようにすることも簡単にできるようになり、アートワーク作成がとても楽になります。

本記事では、ESP32マイコン制御のIoTアクリル・フィギュア台(写真1)の回路基板を、自動配線機能を活用して製作してみます。

注目するオープンソース自動配線 Freerouting

● 自動配線機能…オート・ルータとは

オート・ルータとは、回路図エディタから出力されたネットリスト(部品端子間の接続情報)に基づいて自動的に配線作業を行ってくれる機能です。ただ結線してくれるだけでなく、配線距離が最短になるように最適化を行ってくれます。回路設計・アートワーク作成ソフトウェアによっては元々オート・ルータ機能が実装されている場合もあります。

● KiCadやほかのプリント基板CADと簡単に連携できるオープンソースFreeroutingがオススメ

今回紹介するFreeroutingは2004年にAlfons Wirtzによって開発され、2015年にGPLライセンスに基づいてソースコードが公開されています。

<https://github.com/freerouting/freerouting>

最近ではKiCadのプラグイン&コンテンツ マネージャーからも導入できるようになっています。ファイルの出力は標準的なSpectraセッション・ファイル

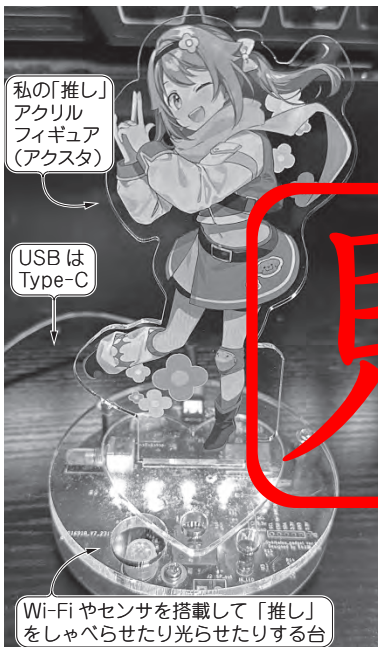


写真1 私の製作…USB Type-C対応IoTアクリル・フィギュア台
アクリル・フィギュアをLEDで照らしたり、音楽や音声を流したりできる

見本

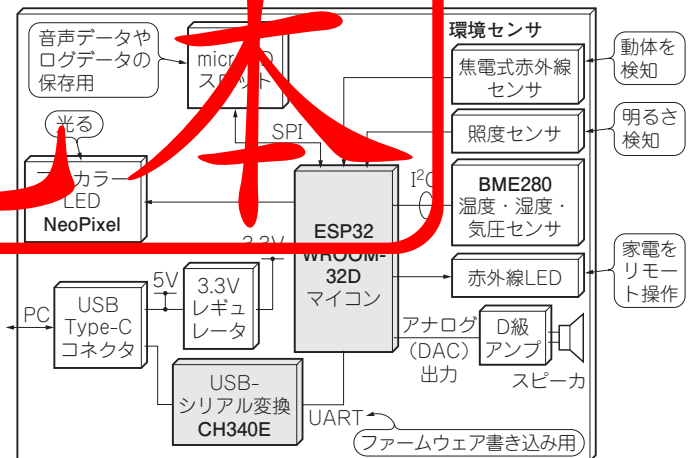


図1 IoTアクリル・フィギュア台の回路構成

はじめての3D CAD… 無償版Autodesk Fusion入門

柳原 健也 Kenya Yanagihara

3D CADを使って欲しい形を作り、3Dプリンタで製造する方法を、簡単な形状を例にして説明します。

使用する3D CADは Autodesk Fusion無償版

本稿では、Autodesk Fusion(Autodesk)の無償版(個人利用に限る)を使います。普段は会社のCAD(InventorとSOLIDWORKS)でモデリングしていますが、今回はAutodesk Fusionに挑戦しました。

題材として、「CQプラシレス・モータ製作キット」⁽²⁾のモータ・スタンドを作ってみます(写真1)。使用した機材や材料を表1に示します。使用した3DプリンタRAISE3D Pro2は100万円程度の高い機種ですが、今回の製作は10万円以下の安価な3Dプリンタでもプリント可能です。

● Autodesk Fusion個人用がオススメ

無償でダウンロード可能なプランは2つです。1つは、

フル機能で30日間期間限定の無料体験版、もう1つは機能が制限されるけれども1年ごとの更新で使い続けられるAutodesk Fusion個人用です。

個人利用なら機能制限のある個人用で十分です。制限と言っても、3Dプリンタで使うぶんには編集可能なファイルが10個までというだけです。モデリングが完了したファイルを読み取り専用になれば保存できる数に制限はないので、読み取り専用と編集可能を切り替えながら作業すれば、ほとんど影響はありません。

使いこなせるようになって収益につながるようになったら、気持ちよく有償版に切り替えましょう！ 使用月だけ購入することもできます。

ステップ1：作る物のモデル作成

まずは、どのような形状にするか、メモ書き程度でよいので寸法図を描いておくとスムーズです(図1)。以下、工程ごとにモータ・スタンドのモデリングを紹介します。



写真1 3Dプリンタでモータ・スタンドの製作に挑戦する

● スケッチを作成
スケッチを作成します。スケッチとは3D部品(以下ソリッド)の元となる2Dの図形です。画面上部のメニュー

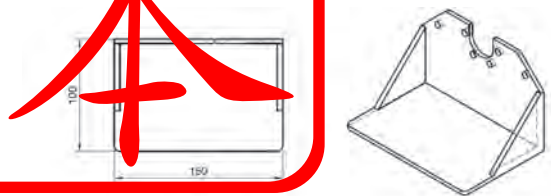


図1 モータ・スタンドの寸法図

表1 使用した機材や材料

機材/材料	名称
3Dプリンタ	RAISE3D Pro2
スライサ	ideaMaker
フィラメント	Polymaker PolyTerra PLA
モータ固定ねじ	六角穴付きボルト M6×20(2本)

無制限フリーのRF回路シミュレータ QucsStudio入門

山田 一夫 Kazuo Yamada

QucsStudioは、高周波解析機能が充実したフリーの回路シミュレータです。ベースとなったQucsに比べ、機能が向上しています。

QucsStudioの 高周波解析機能の利点

● 計算条件や解析結果表示用のテンプレートが装備されているのでSパラメータ設計をすぐに開始できる

図1に示すのは、トランジスタ X_1 の高周波特性をSパラメータ・ファイルで指定するQucsStudioの回路図です。Sパラメータで設計する高周波回路図を作成する場合、QucsStudioにはsparameterテンプレートが用意されています。これを呼び出すと、基本的に必要な設定がされた状態から設計作業を始められます。

例えば、スミス・チャートでは、周波数やゲインが直感的に判断できません。このようなときは、図2の

ような直交座標のグラフを確認できます。一方、マッチング回路などの定数を検討したいときは、スミス・チャートが有効です。QucsStudioではテンプレート・ファイルを使って、直交座標とスミス・チャートを同時に描画できるので、効率的に回路設計を行うことができます。

● リアルタイム・チューニング機能が使える

図2は、回路図の定数のままの周波数応答です。 S_{21} が通過特性、 S_{11} と S_{22} がそれぞれポート1とポート2での反射特性を示します。

QucsStudioは高周波回路設計で必須となる 50Ω ポートや基板のRF情報を簡単に設定でき、高周波回路設計が容易になるように対応されています。

図2では目的とする 1.4GHz でのゲインが 8.3dB と小さい状態です。各ポートでの反射特性も -5dB 程

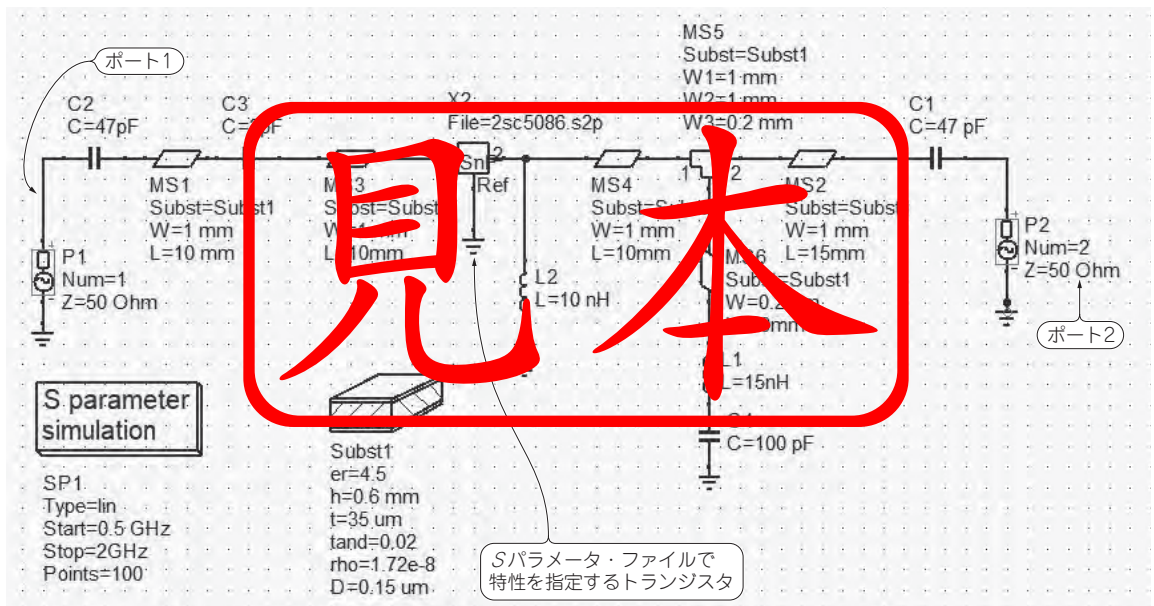


図1 トランジスタの高周波特性をSパラメータ・ファイルで指定するQucsStudio回路図
この回路図を含むQucsStudioプロジェクト・ファイル(QS_RFamp2.qucs)を付属DVDに収録している

2.4GHz帯ノイズを実機テストする 迷惑電波発生回路の製作

川口 正 Tadashi Kawaguchi

本格派3D電磁界シミュレータ CST Studio Suite無償版を回路設計に

● Wi-Fi時代は2.4GHz帯ノイズがやっかい

2.4GHz付近の高周波は、Wi-FiやBluetoothなどさまざまな用途に使われています。この周波数帯の高周波成分が、ノイズとして機器の中に侵入したり、逆に機器から漏洩してほかの機器の誤動作につながったり

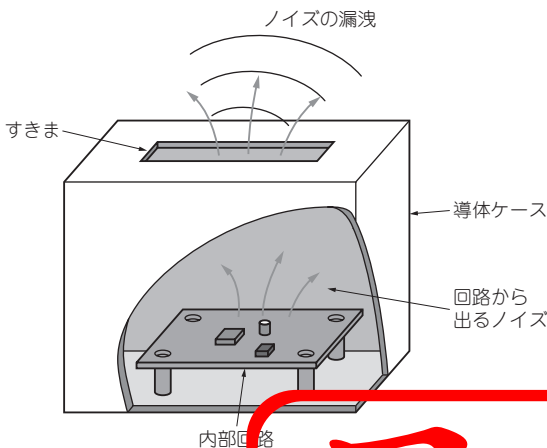


図1 電子機器機器ケースからのノイズ漏洩

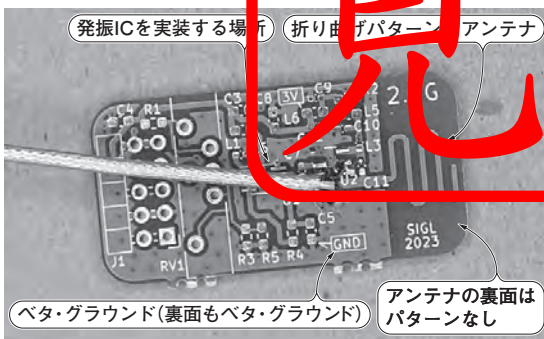


写真1 Wi-Fiなどの電波干渉を実機テストするために製作した2.4GHz帯放射ノイズ生成器(部品実装前の基板) LiteVNAでS₁₁実測のためにパターン・アンテナに接続されるパターンに同軸ケーブルをはんだ付けしている

することがあります(図1)。実際の機器における外部への漏洩や、あるいは外部からの侵入の程度を実測して確認したい場合があります。

実際の回路を動作させてノイズ漏洩を試験する方法も取れますが、このような目的には2.4GHz付近での周波数(低レベル)を小さい回路で放出させて確認テストを実施することも1つの方法です。

● 本格派の電磁界シミュレータCST Studio Suite無償版を2.4GHz帯回路の設計に!

今回の回路設計のポイントはコンパクトな基板パターンでアンテナ形状を決めるところになります。

任意の3D形状のパターンで目的の周波数においてうまく同調が取れているかどうかは、かつては実際に基板を作成して測定器などで実測していました。3D電磁界解析ツールCST Studio Suite無償版を用いると、実際に基板を作成する前にパターン形状を決めることが可能です。

2.4GHz帯ノイズ干渉を 実機テストするための電波発生器の製作

ここでは、電圧制御で2.4GHz付近の周波数を可変して発生できるデバイスを使い、基板パターンで作成したアンテナを付けることで、コンパクトな周波数発

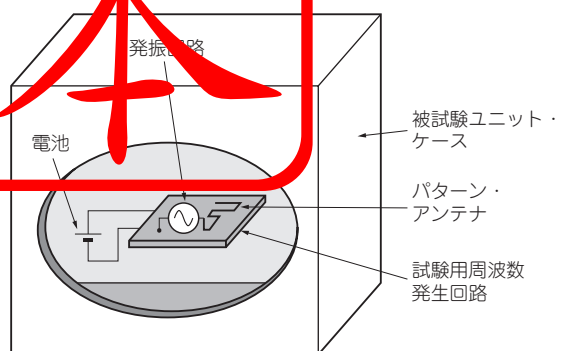


図2 EMC漏洩試験用発振回路
小型の発生回路、被試験ケース内に電池込みで配置。ACアダプタなど外部電源を使うと配線からノイズが漏洩するため接続電池で駆動

このPDFは、CQ出版社発売の「トランジスタ技術SPECIAL No.169」の一部見本です。
内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。

内容 <https://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/MSP/MSP202501.html>

購入方法 <https://www.cqpub.co.jp/order.htm>

CQ出版社

見本