



Version 2020a

For Power Electronics & Motor control

SPICE Module

マニュアル

Powersim Inc.

Mywayプラス株式会社

SPICE Module マニュアル

Version 2020a

May 2020

© Copyright Powersim Inc., Myway Plus Corporation

All rights reserved. No part of this manual of the software may be photocopied or reproduced in any form or by any means without the written permission of Powersim Inc. and Myway Plus Corporation.

Disclaimer

Powersim Inc. (Powersim) and Myway Plus Corporation (Myway) make no representation or warranty with respect to the adequacy or accuracy of this documentation or the software which it describes. In no event will Powersim and Myway or their direct or indirect supplies be liable for any damages whatsoever including, but not limited to, direct, indirect, incidental, or consequential damages of any character including, without limitation, loss of business profits, data, business information, or any and all other commercial damages or losses, or for any damages in excess of the list price for the license to the software and documentation.

お問い合わせ先

Myway プラス株式会社

〒222-0022 神奈川県横浜市西区花咲町 6-145 横浜花咲ビル

Tel 045-548-8836, Fax 045-548-8832

Email: sales@myway.co.jp

URL: <https://www.myway.co.jp/>

目次

| | | |
|----------|------------------------------------|-----------|
| 1 | はじめに | 6 |
| 1.1 | SPICE シミュレーションのための設定 | 6 |
| 1.2 | SPICE シミュレーションの実行 | 7 |
| 2 | PSIM-SPICE インターフェース | 11 |
| 2.1 | SPICE 指令ブロック | 11 |
| 2.2 | SPICE モデルライブラリ | 12 |
| 2.2.1 | SPICElib フォルダ | 12 |
| 2.2.2 | SPICE モデルのパス設定 | 12 |
| 2.2.3 | ライブラリにある SPICE モデルの検索 | 13 |
| 2.2.4 | ライブラリにない SPICE モデルの使用 | 13 |
| 2.3 | SPICE シミュレーションのためのシミュレーション制御 | 14 |
| 2.3.1 | 過渡解析 | 14 |
| 2.3.2 | AC 解析 | 15 |
| 2.3.3 | DC 解析 | 16 |
| 2.3.4 | ステップ実行オプション | 17 |
| 2.3.5 | 他の解析オプション | 17 |
| 2.4 | SPICE シミュレーション用 PSIM 素子 | 18 |
| 2.4.1 | マルチレベルの素子 | 19 |
| 2.4.2 | SPICE サブ回路ネットリストブロック | 20 |
| 2.4.3 | スイッチモード回路のための AC 解析 | 21 |
| 2.4.4 | コンデンサ (V 制御) | 23 |
| 2.5 | SPICE ネットリストから PSIM 素子を生成する | 23 |
| 3 | SPICE 解析タイプとオプション | 29 |
| 3.1 | 概要 | 29 |
| 3.2 | 収束 | 29 |
| 3.3 | SPICE の解析タイプ | 29 |

| | | |
|----------|--------------------------------|-----------|
| 3.3.1 | .AC..... | 29 |
| 3.3.2 | .DC | 29 |
| 3.3.3 | .END | 30 |
| 3.3.4 | .ENDS..... | 30 |
| 3.3.5 | .FOUR..... | 30 |
| 3.3.6 | .FUNC..... | 30 |
| 3.3.7 | .GLOBAL | 30 |
| 3.3.8 | .IC | 31 |
| 3.3.9 | .INCLUDE | 31 |
| 3.3.10 | .LIB..... | 31 |
| 3.3.11 | .MODEL..... | 31 |
| 3.3.12 | .OP | 32 |
| 3.3.13 | .OPTIONS | 32 |
| 3.3.14 | .PARAM..... | 33 |
| 3.3.15 | .SAVE..... | 36 |
| 3.3.16 | .STEP | 36 |
| 3.3.17 | .SUBCKT | 36 |
| 3.3.18 | TEMP | 37 |
| 3.3.19 | .TRAN..... | 37 |
| 4 | SPICE 要素とデバイスモデル | 39 |
| 4.1 | 概要..... | 39 |
| 4.2 | 受動素子..... | 40 |
| 4.2.1 | 抵抗 | 40 |
| 4.2.2 | コンデンサ..... | 41 |
| 4.2.3 | インダクタ(Inductor)..... | 41 |
| 4.2.4 | 結合インダクタ(Coupled Inductor)..... | 41 |
| 4.3 | 伝送線路..... | 42 |
| 4.3.1 | 無損失伝送線路..... | 42 |

| | | |
|---------|----------------------------------|----|
| 4.3.2 | 均一分布 RC 線路..... | 42 |
| 4.4 | 能動素子(Active Elements)..... | 42 |
| 4.4.1 | 電圧制御スイッチ | 43 |
| 4.4.2 | 電流制御スイッチ | 43 |
| 4.4.3 | 制御スイッチモデル..... | 44 |
| 4.4.4 | ダイオード..... | 44 |
| 4.4.5 | バイポーラ接合トランジスタ(BJT)..... | 45 |
| 4.4.6 | MOSFET..... | 45 |
| 4.4.7 | 接合型電解効果トランジスタ(JFET)..... | 46 |
| 4.4.8 | MESFET..... | 46 |
| 4.5 | 電源..... | 47 |
| 4.5.1 | 独立電圧電流源..... | 48 |
| 4.5.1.1 | パルス波..... | 49 |
| 4.5.1.2 | 正弦波..... | 49 |
| 4.5.1.3 | 指数..... | 50 |
| 4.5.1.4 | 区分線形波..... | 51 |
| 4.5.1.5 | 単一周波数の周波数変調..... | 51 |
| 4.5.1.6 | 波形ファイル..... | 51 |
| 4.5.2 | 線形従属電源..... | 52 |
| 4.5.2.1 | 電圧制御電圧源..... | 52 |
| 4.5.2.2 | 電圧制御電流源..... | 53 |
| 4.5.2.3 | 電流制御電圧源..... | 53 |
| 4.5.2.4 | 電流制御電流源..... | 53 |
| 4.5.3 | 非線形従属電源(Behavioral Sources)..... | 54 |
| 4.5.4 | 特殊な関数..... | 54 |
| 5 | 参考文献..... | 57 |

1 はじめに

SPICE モジュールは PSIM の追加機能オプションです。LTspice へのリンクにより PSIM 上で作成した回路を"LT spice シミュレーションを実行する"をクリックするだけで LTspice シミュレーションを実行できます。また、LTspice のフォーマットだけでなく、他のソースから生成されたネットリストも読むことができます。

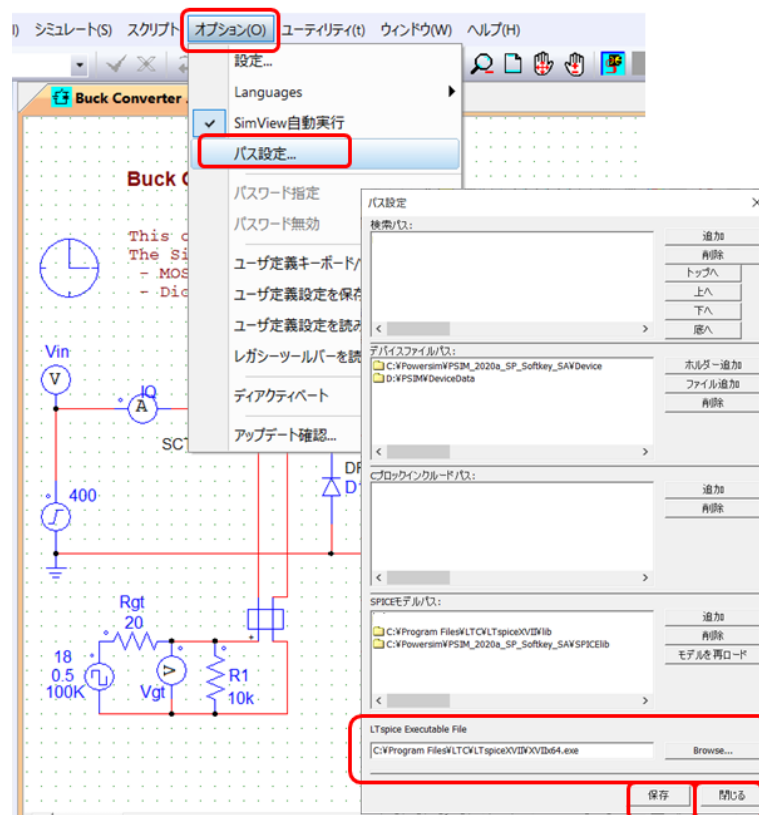
SPICE モジュールとしては次の機能があります。

- ・ PSIM 環境で LTspice シミュレーションをサポート
- ・ メーカーや他のソースによるモデルの適応
- ・ LTspice シミュレーション用のネットリストの生成

このマニュアルでは PSIM 回路図における SPICE モジュールの使用方法と、SPICE 解析、素子、モデルに必要な情報について説明をします。

1.1 SPICE シミュレーションのための設定

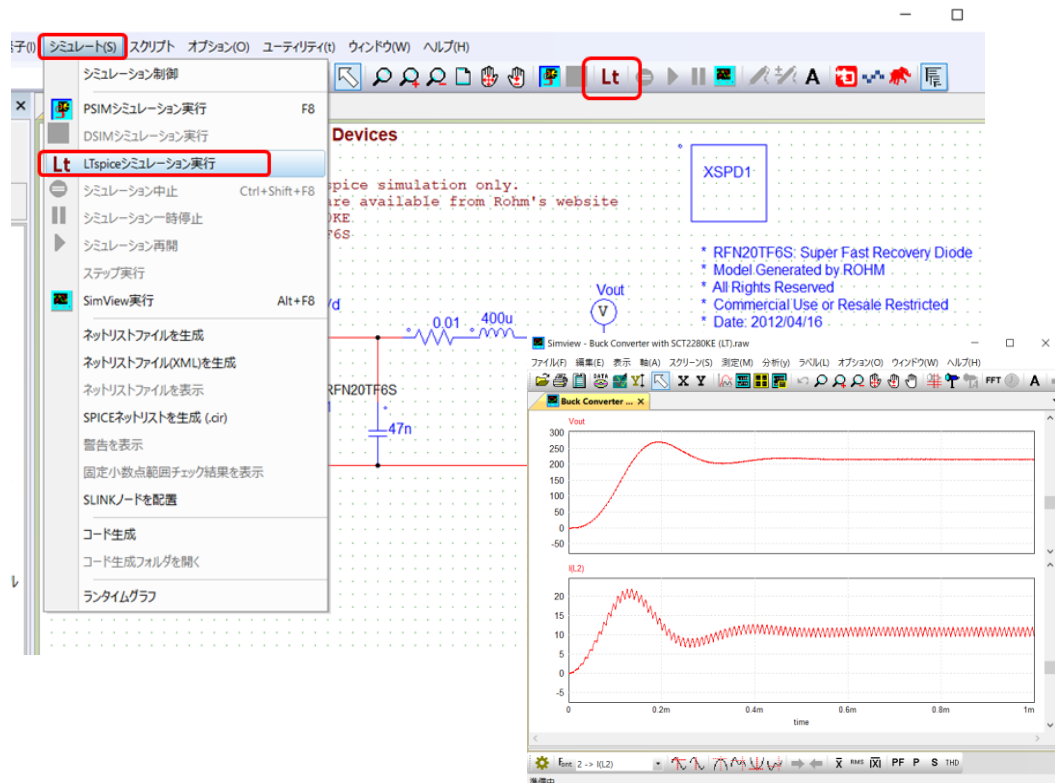
PSIM 回路図で LTspice を実行したい場合は LTspice をインストールし PSIM のメニューバーの **オプション>>パス設定** で LTspice の実行ファイルを設定してください。前図の一番下のウィンドウが設定箇所となります。ブラウザボタンを使って設定し **保存** してください。



1.2 SPICE シミュレーションの実行

LTspice シミュレーションを実行するには次図のメニューから、シミュレート>>SPICE シミュレーション実行を選択するかメニューバーにある LTspice シミュレーションを実行するのボタンをクリックすることで実行できます。

シミュレーションは LTspice エンジンで実行されます。



LTspice シミュレーション開始時に LTspice の“.log”ファイルの内容がシミュレーションメッセージウィンドウに表示されます。シミュレーション実行中は LTspice から PSIM へは状態や進捗については何も情報が渡されません。そのためメッセージウィンドウは開始時のままです。

シミュレーション完了後にシミュレーション結果が SimView に表示されます。シミュレーションメッセージウィンドウは LTspice によって生成された.log ファイルの内容で更新されて表示されます。

LTspice エンジンがシミュレーション中に収束失敗やコードのバグなどの解決不可能な状況に遭遇した場合、メニューバーの LTspice 実行ボタンの右隣にあるシミュレーション中止で止めてください。

ここで簡単に PSIM における SPICE ライブラリファイルの定義と使用方法を紹介しておきます。定義手法としては次の四種類があります。

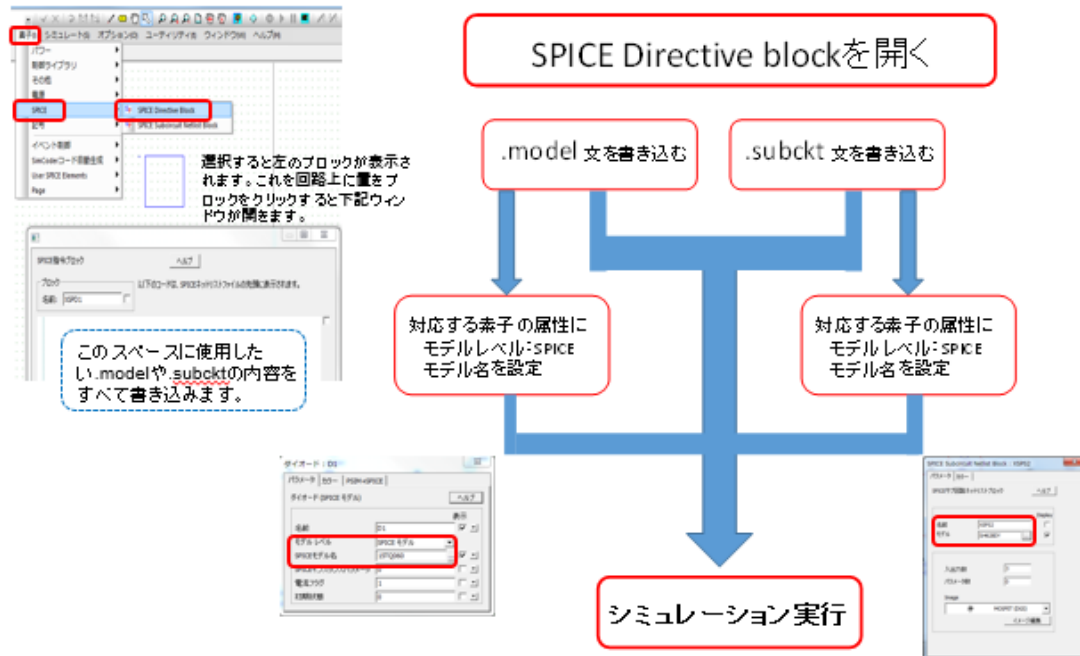
PSIMにおけるSPICEライブラリファイル定義手法一覧

| | 手法 | .model | .subckt |
|---|---------------------------------------|--------|---------|
| 1 | SPICE Directive block(に書き込む) | ○ | ○ |
| 2 | 各素子ダイアログウインド(属性)で設定する | ○ | ○ |
| 3 | SPICE <u>Subcircuit Netlist</u> block | × | ○ |
| 4 | New SPICE Element | × | ○ |

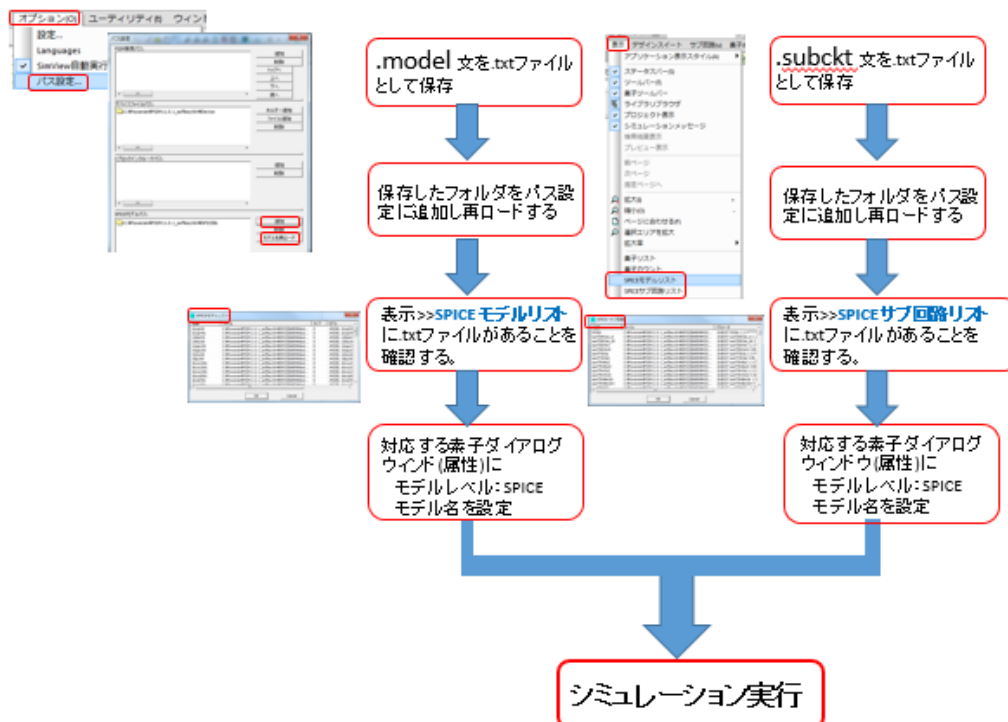
各々の手法に対するファイル作成の手順を簡単に示します。詳細につきましては2章以降を参照してください。

1. SPICE Directive Blockへ書き込む場合

回路上のブロックにテキストで書き込みます



2. 各素子仕様で設定する場合



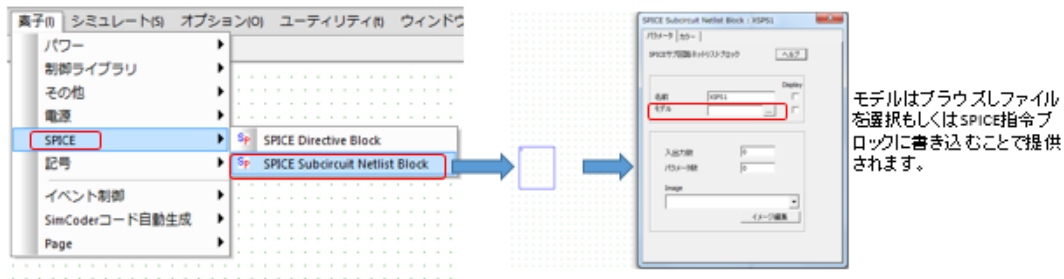
3. SPICE Subcircuit Netlist blockを使用する場合の手順

.subcktを各々.txtファイルとして作成しているフォルダに保存。

作成した.txtファイルのあるフォルダをSPICEモデルパス設定で追加。
パス設定されているフォルダに保存した場合は設定不要。再ロードする。

リストにあるかを確認。
表示>>サブ回路リストにて確認

素子>>SPICE>>SPICE Subcircuit Netlist Blockからブロックを生成し素子ダイアログウィンドウ(属性)で使用する毎に設定。



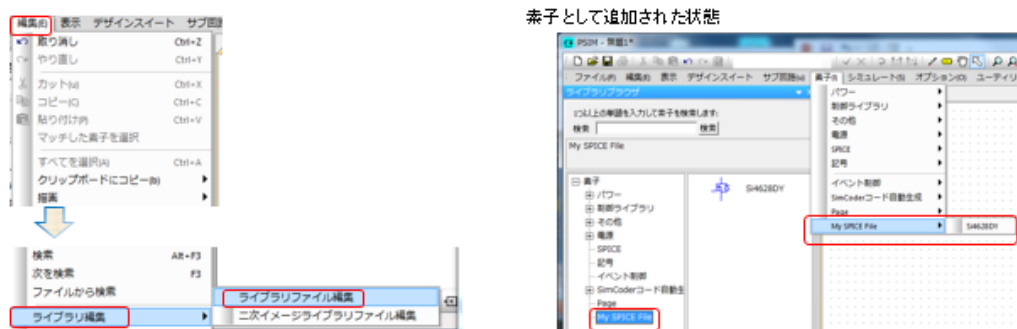
4. New SPICE Elementを使用する場合の手順(.subcircuitのみ)

.subcktを含む.txtファイルを作成。

作成した.txtファイルのあるフォルダをSPICEモデルパス設定で追加。
パス設定されているフォルダに保存した場合は設定不要。再ロードする。

ライブラリ編集により新規素子として作成し保存。

SPICE素子メニューに追加され他の素子同様に選択して使用することが可能。



2 PSIM-SPICE インターフェース

SPICE モジュールは SPICE モデルを PSIM 環境へ統合します。

2.1 SPICE 指令ブロック

SPICE 指令ブロックは PSIM 回路図で SPICE コマンド、オプション、モデルサブ回路ネットリスト、パラメトリック属性、その他の指令を記述することができます。このブロックは“素子” >> “SPICE” >> “SPICE 指令ブロック”にあります。

SPICE 指令ブロックはあ 1 つの回路図上に 1 つだけ置けます。そのため、すべての SPICE 指令はまとめて 1 つのブロックにしておかないなりません。PSIM で生成されるネットリストには、このブロックの内容がファイルの先頭に配置されます。

次図はいくつかのネットリストを含んだ SPICE 指令ブロックの例です。ネットリストをこのブロックにコピーして貼り付けることができます。“Save to file” ボタンをクリックすると内容をテキストファイルで保存できます。

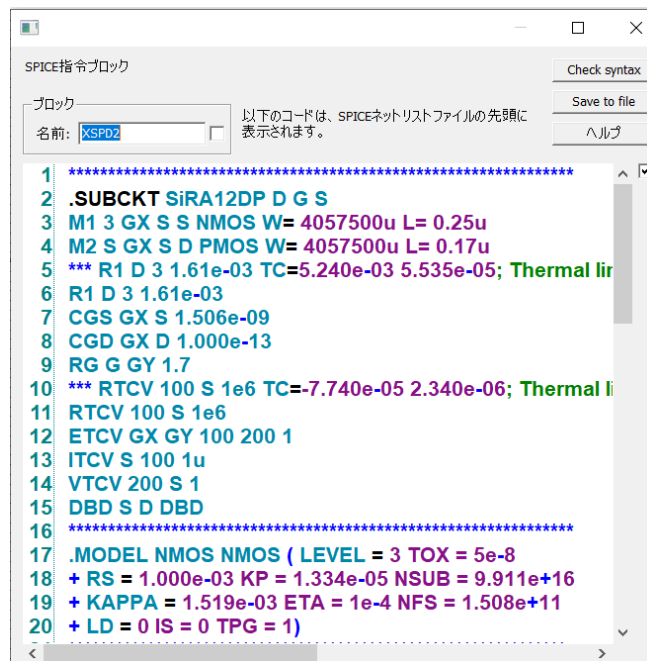


図 2-1 SPICE 指令ブロック

シミュレーションを LTspice エンジンで実行するのでモデルのネットリストファイルは LTspice ネットリストの構文でなければなりません。もし、他の SPICE ソフトでネットリストファイルが生成されている場合には、LTspice では使用できない構文が含まれている可能性があります。

その場合にネットリストの構文を LTspice で使用できるかをチェックして、LTspice の構文へ変換できる機能が Spice 指令ブロックにあります。

Spice 指令ブロックの “Check Syntax” ボタンをクリックして開く “SPICE Netlist check” でチェックすると LTspice のフォーマットに順じた構文かどうかをチェックします。

画面左側が元のネットリスト内容、右側が LTspice で使用可能なネットリスト内容となります。

- ・水色でハイライトされた行は自動変換された行です。
- ・黄色でハイライトされた行は互換性がなく自動変換できなかった行のため手動で修正してください。

また、“Load” ボタンを使用して、他のネットリストファイルをロードしたり、構文をチェックしたりすることもできます。

2.2 SPICE モデルライブラリ

PSIM では、SPICE のネットリスト形式のデバイスモデルを直接読み込むことができます。暗号化されたモデルも使用できます。

SPICE モデルのライブラリは以下のように管理されています。

2.2.1 SPICElib フォルダ

PSIM には、SPICE のネットリストファイルを含むモデルライブラリが付属しています。これらのモデルは “SPICElib” というサブフォルダに格納されています。ユーザーは、自分で作成したモデルやメーカーのモデルを含むネットリストファイルをこのフォルダに追加することができます。

2.2.2 SPICE モデルのパス設定

SPICElib 以外の場所にモデルファイルを保存したい場合は PSIM が正しく読み込めるようパス設定を行なってください。

メニューバーの **オプション>>パス設定** で開いたウィンドウの SPICE モデルパス部分で SPICE ライブラリファイルのある場所を “追加” で設定しその後必ず “モデルを再ロード” と “保存” をしてから閉じてください。

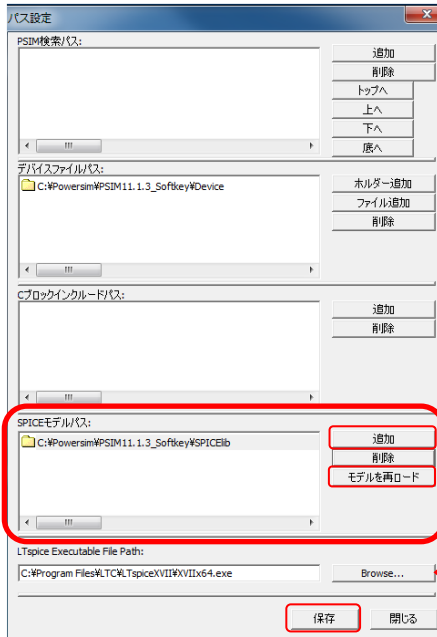


図 2-2 モデルパス設定画面

2.2.3 ライブラリにある SPICE モデルの検索

PSIM 回路上に読み込めるモデルファイルの一覧はメニューバーの表示>>SPICE モデルリスト、または表示>>SPICE サブ回路リストで確認できます。

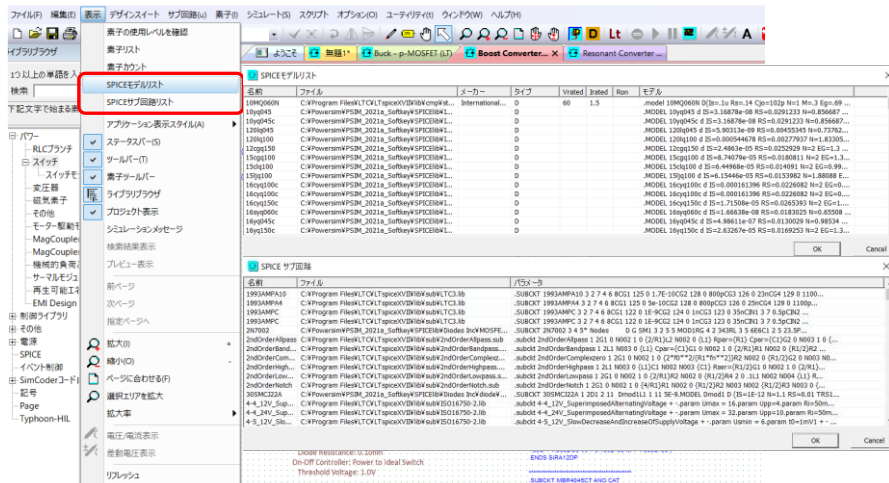


図 2-3 素子リスト

2.2.4 ライブラリにない SPICE モデルの使用

もし SPICE ライブラリや検索パスにない場合、2.1SPICE 指令ブロックで説明した“SPICE 指令ブロック”を使用しなくてはなりません。

このブロックでは SPICE モデル用のネットリストをコピー&ペーストできます。

モデルネットリストファイルを PSIM の検索パス以外の場所に保存したい場合は、".include "コマンドを "SPICE 指令ブロック "に含めなければなりません。

.include <絶対パス><ファイル名>

<filename>.lib のようにモデルが暗号化されている場合は、PSIM の検索パスにあるかどうかに関わらず、SPICE 指令ブロックに以下のように ".lib "コマンドを記述する必要があります。

```
.lib <絶対パス> <ファイル名>.lib
```

これは、暗号化ファイルの場合はモデルやサブ回路名も暗号化されているからです。PSIM はこれらの名前の暗号化を解除することができないため、検索パスからそれらの名前を見つけることができないためです。

2.3 SPICE シミュレーションのためのシミュレーション制御

SPICE シミュレーションには基本的な 3 つの解析 DC 解析、AC 解析、過渡解析があり、PSIM のシミュレーション制御のダイアログウィンドウの SPICE タブでパラメータやオプションを設定できます。詳細については以下に説明します。

他の SPICE 解析やシミュレーション制御に含まれていないオプションについては PSIM の機能ブロック "SPICE 指令ブロック" を使ってコマンドを記述して定義しなければなりません。

2.3.1 過渡解析

過渡解析では次のようなパラメータを設定できます。

- 初期条件を使用：これをチェックすると "初期条件使用" オプションが .tran コマンドに追加されます。注) この設定は AC 及び DC 解析にも反映されます。
- 時間ステップ： 計算とプリント又はプロットの時間ステップで単位は秒です。
- 最大ステップ： SPICE で使用する最大のステップサイズで単位は秒です。
デフォルトとしてはプログラムでは tstep(時間ステップ)か
(tend-tstart)/50((開始時間-終了時間)/50)のうち小さい方の値が選択されます。
Tstep よりも小さい計算間隔を保証したい場合に tmax は役に立ちます。
- 始まる時間： 開始時間。 単位は秒です。過渡解析は時間 0 から始まり、安定状態に到達したら回路は解析されます。設定した始まる時間までは出力値は保存されません。
- 終了時間： 終了時間。 単位は秒です。
- 統合法： SPICE で使われる数値積分方法で選択肢としては台形、変形台形、ギアがあります。注) この設定は AC 及び DC 解析へも影響します。
- 次数： 数値積分法の次数です。台形法の場合は 1 か 2、ギア法の場合は 2 から 6 を設定できます。

これらのパラメータのいくつかは、AC/DC の設定では表示されませんが、AC および DC 解析にも使用されています。

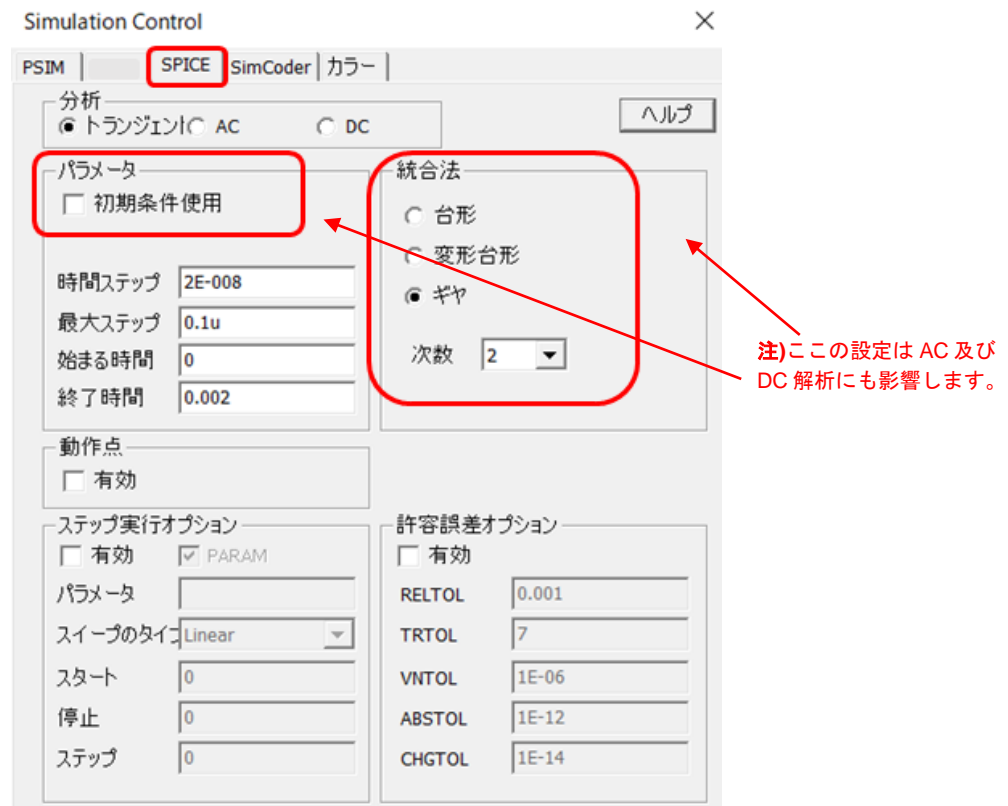


図 2-4 過渡解析の詳細設定画面

2.3.2 AC 解析

AC 解析では次のようなパラメータが設定できます。

スイープのタイプ： スイープのタイプを設定します。Octave, Decade, Linear と List から選択できます。

Octave と Decade の場合の設定

始まる周波数： 開始周波数で単位は Hz です。

終了周波数： 終了周波数で単位は Hz です。

ポイントの数： Oct/Dec あたりの解析ポイント数。

Linear の場合の設定

始まる周波数： 開始周波数で単位は Hz です。

終了周波数： 終了周波数で単位は Hz です。

ポイントの数： 解析ポイント数

List の場合の設定

周波数のリスト： 解析する周波数のリストで単位は Hz です。スペース区切りで値を設定します。

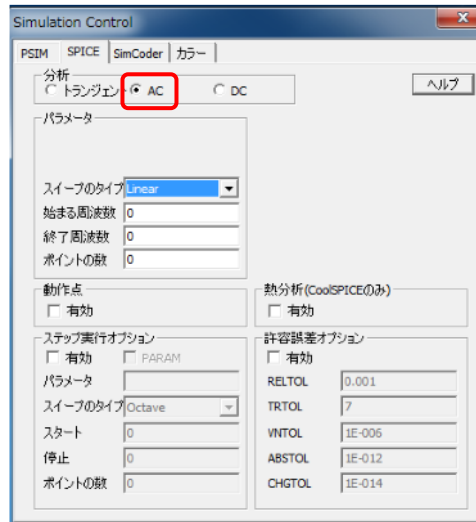


図 2-5 AC 解析パラメータ設定画面

2.3.3 DC 解析

DC 解析では次のようなパラメータが設定できます。

名前： DC スweepをするソースの名前。ソース 1 はデフォルトでは x 軸となります。ソース 2 を有効にすると設定が可能となります。DC スweepソースとしては電圧、電流、温度を設定できます。

スweepのタイプ： スweepのタイプを設定します。Octave, Decade, Linear と List から選択できます。

Octave と Decade の場合の設定

開始： 開始値

終了： 終了値

ポイントの数： Oct/Dec あたりの解析ポイント数。

Linear の場合の設定

開始： 開始値

終了： 終了値

インクリメント： 増加ステップ。

List の場合の設定

値のリスト： 解析する値のリストです。スペース区切りで値を設定します。

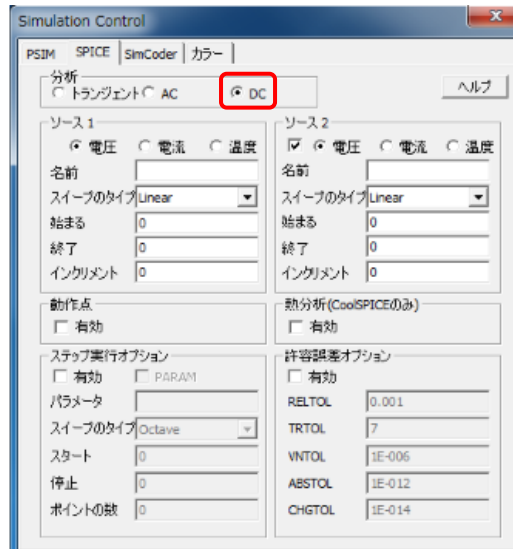


図 2-6 DC 解析パラメータ設定画面

2.3.4 ステップ実行オプション

SPICE シミュレーションでパラメータスイープを実行したい場合に使用します。

パラメータ： ステップ実行するパラメータの名前。もしスイープするパラメータが電圧、電流、温度以外であれば“PARAM”のボックスをチェックすることを忘れないようにしてください。

スイープのタイプ： スイープのタイプを設定します。Octave, Decade, Linear と List から選択できます。

Octave と Decade の場合の設定

開始： 開始値

終了： 終了値

ポイントの数： Oct/Dec あたりの解析ポイント数。

Linear の場合の設定

開始： 開始値

終了： 終了値

インクリメント： 増加ステップ。

List の場合の設定

値のリスト： 解析する値のリストです。スペース区切りで値を設定します。

2.3.5 他の解析オプション

シミュレーション制御ダイアログでは、以下の解析オプションも定義できます。

動作点： 有効にすると、インダクタショート、コンデンサオープンとなる回路の DC 動作点を決定します。

ステップ実行オプション： 有効にすると SPICE シミュレーションをパラメータスイープで実行できます。

パラメータ： スイープするパラメータ名

スイープのタイプ： Octave, Decade, Linear, List より選択

スタート： 開始値

ステップ： 増分値


停止： 終了値

許容誤差範囲設定オプション： 有効にすると SPICE シミュレーションの許容誤差範囲を入力設定
できます。

RELTOL： 解析演算の相対許容誤差
TRTOL： 過渡解析時の許容誤差
VMTOL： 解析演算の絶対電圧許容誤差
ABSTOL： 解析演算の絶対電流許容誤差
CHGTOL： 解析演算の絶対電荷許容誤差

SPICE 解析とオプションはシミュレーション制御には含まれていません。PSIM の “SPICE Directive Block” に SPICE コマンドを書いて定義しなければなりません。

2.4 SPICE シミュレーション用 PSIM 素子

多くの PSIM 回路素子が SPICE シミュレーション用に対応しており、それらは PSIM の素子一覧
上でどの素子がサポートされているかがわかるようになっています。
メニューバーの **オプション>>設定>>Advanced** で開く下記ウィンドウの SPICE のチェックボッ
クス "Show image next to elements that can be used for SPICE" にチェックをいれると SPICE でサポ
ートしている素子の左側には  がついて表示されるようになります。

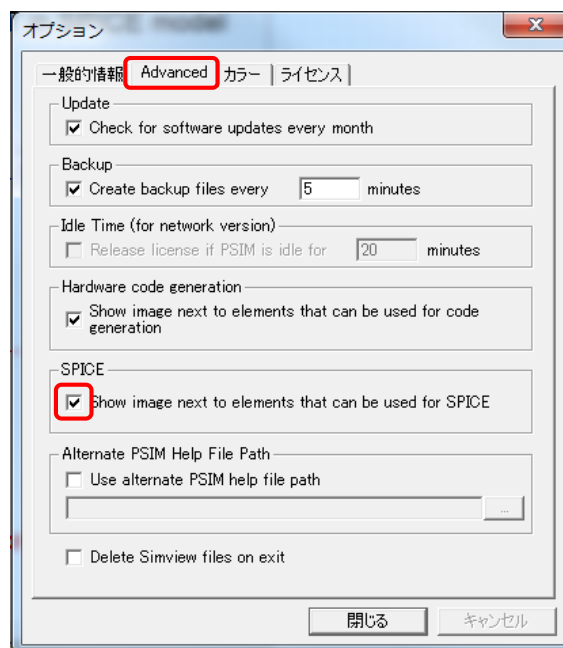


図 2-7 SPICE 対応素子表示のためのチェックボックス

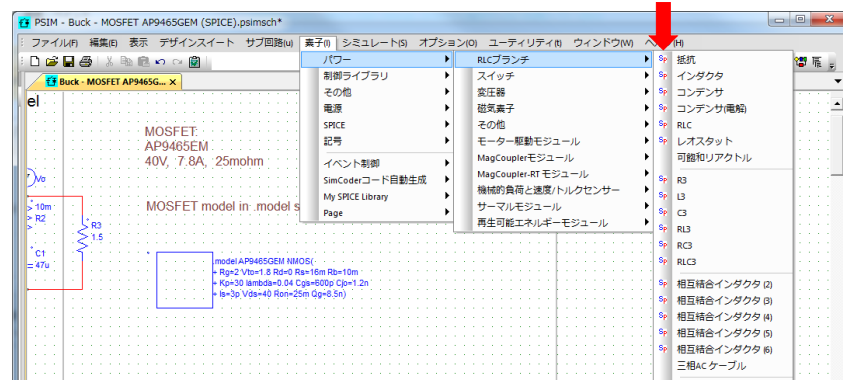


図 2-8 SPICE 対応素子表示画面

PSIM 素子の SPICE ネットリストの仕様は PSIM 素子特性になったものとなっています。例えば PSIM にある抵抗のモデルレベルで“レベル 1”を選択した場合は対応する SPICE のネットリストは単一の抵抗となり“レベル 2”を選択した場合は等価直列インダクタンスと並列容量を含んだ SPICE ネットリストとなります。

2.4.1 マルチレベルの素子

Sp マークのついた大部分の素子は PSIM と SPICE の両方で使用できます。ただし、いくつかの素子では PSIM シミュレーションのみ、もしくは SPICE シミュレーションのみでの使用となります。マルチレベル素子ではユーザーはシミュレーションに合った素子レベルの設定ができ、同じ回路図上で PSIM と SPICE の両方を実行することができ大変便利です。

例えば **素子>>パワー>>スイッチ>>MOSFET** はマルチレベル素子で次のような複数のレベルを持っています。

- ・理想 MOSFET : PSIM と SPICE 両方に使用可能です。
- ・レベル 1 : SPICE のみ使用可能
- ・レベル 2 : PSIM のみ使用可能
- ・SPICE モデル : SPICE のみ使用可能
- ・SPICE サブ回路 : SPICE のみ使用可能 ドレイン、ゲート、ソースの 3 ノード設定できます。
- ・SPICE サブ回路(4-pin) : SPICE のみ使用可能 ドレイン、ゲート(+), ゲート(-), ソースの 4 ノード設定できます。
- ・SPICE サブ回路(5-pin) : SPICE のみ使用可能 ドレイン、ゲート、ソースと temp(+),temp(-) の 5 ノード設定できます。

ユーザーは素子の属性で開く次のウィンドウのシミュレーションモデルのタブで“シミュレーション用に異なる素子モデルを選択する”をチェックすると PSIM モデルと SPICE モデルで異なるモデルを設定することができます。



図 2-9 素子モデル選択画面

PSIM 回路図中の素子のレベルが正しく設定されているかどうかを確認するためには”シミュレート>>素子の使用レベルを確認”にある機能を使います。

次の図のようにリストのメニューとしては

- ・ Show all : 回路図中のすべての素子のリスト
- ・ Show only Multi-level elements : シミュレーションに使用されるレベル
- ・ Show only elements that are not compatible with PSIM engine :
PSIM シミュレーションでサポートされない素子
- ・ Show only elements that are not compatible with SPICE engine :
SPICE シミュレーションでサポートされない素子

ウィンドウの “Highlight Elements” をチェックするとリストにある素子が回路図中でハイライトされます。

マルチレベル素子のモデルレベルはここで直接変更できます。属性のダイアログウィンドウ同じように変更できます。

素子はチェックボックスをチェックすることで有効/無効が設定できます。

シミュレーションエンジンでサポートされていない素子を探し置き換える際にこのリストと回路図中のハイライトが活用できます。

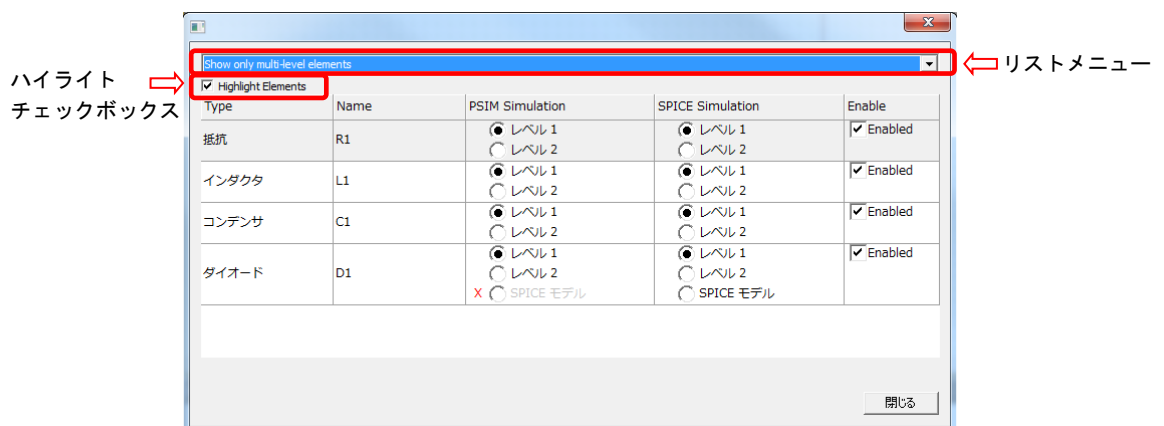


図 2-10 Check Multi-Level Elements のウィンドウ

2.4.2 SPICE サブ回路ネットリストブロック

PSIM の SPICE モジュールにはユーザが作成もしくは PSIM 環境にある既存のサブ回路ネットリストを使用する場合に使える “SPICE サブ回路ネットリストブロック” があります。このブロックはメニューバーの “素子>>SPICE>>SPICESubcircuitNetlistBlock” にあります。

このブロックはサブサーキットのコール文（呼び出し文）を生成します。このブロックではユーザがサブサーキット名、ノード数、パラメータ名、パラメータ値を定義することができます。サブサーキットの内容定義は「モデル」のところでサブサーキットファイルをブラウザするか SPICE 指令ブロックに書くことで可能です。

SPICE 指令ブロックのサブサーキットの構文は SPICE のネットリスト形式 .SUBCKT で始まり.ENDS で終わらなければなりません。シミュレーションを実行する前には必ず作成したネットリストの構文チェックを行ってください。

例えば次の図のように回路図を入力して SPICE ネットリストを生成した場合の構文は

XSPS2 3 5 10 Si4628DY

サブサーキットは SPICE の指令ブロックに書かれたものと同じ内容となります。

```
.SUBCKT Si4628DY D G S
X1 D G S Si4628DY_nmos
X2 S D Si4628DY_schottky
.ENDS Si4628DY
. . . . .
```

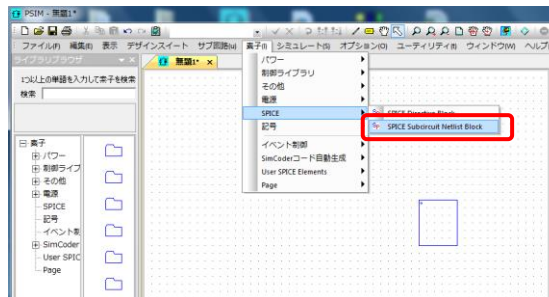


図 2-11 SPICE Subcircuit Netlist Block 選択画面

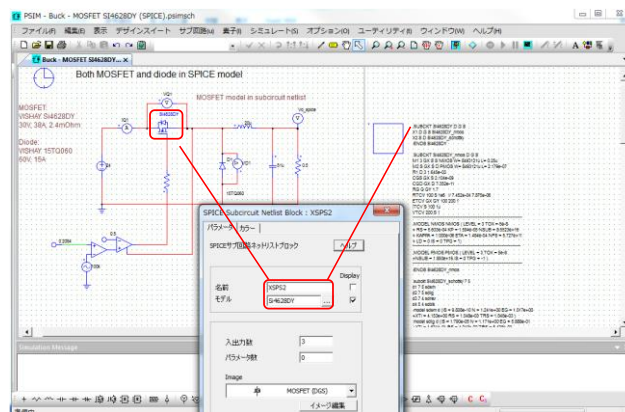


図 2-12 SPICE Sub circuit Netlist Block 設定画面

2.4.3 スイッチモード回路のための AC 解析

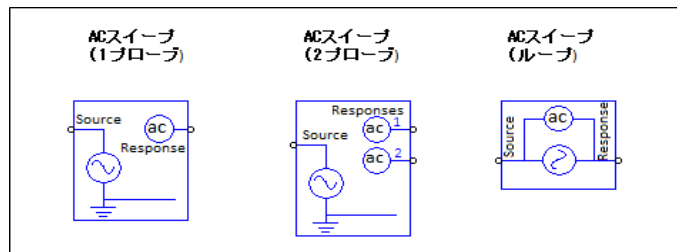
LTspice は線形回路の微小信号 AC 解析を実行できます。しかし、回路がスイッチモードのコンバータのように非線形の場合は AC 解析を行えません。

PSIM では、この制限を克服するために、小信号の AC 電源を使用して周波数範囲に渡って過渡シミュレーションを行い、最終的に AC 掃引応答を計算しています。詳細につきましては "Tutorial - AC Analysis of Switch-Mode Models in LTspice Simulation.pdf". を参照してください。

この解析のために次の3つの素子が用意されています。

- ACスイープ(1プローブ) : 1つの応答プローブを備えた AC スイープ励起電源
- ACスイープ(2プローブ) : 2つの応答プローブを備えた AC スイープ励起電源
- ACスイープ(ループ) : ループゲイン応答プローブを備えた AC スイープ励起電源

イメージ



仕様

| パラメータ | 機能 |
|----------|------------------------------------|
| ピーク振幅 | AC 励起電源の振幅 (V) |
| DC オフセット | 定常状態の動作ポイントの AC 励起電源の DC オフセット (V) |

このブロックを回路に接続するノードには、特定の名前が必要です。ノード名は、“編集>>ノード名設定”の機能によって設定できます。これは、LTspice の周波数応答の計算では、ネット名を事前に定義する必要があるためです。

- ・ Source へ接続されているノード名は“ACS”である必要があります。
- ・ Response へ接続されているノード名は“ACR”である必要があります。
- ・ AC スイープ (ループ) の場合、2つの Response に接続されているノードは“ACR1”と“ACR2”である必要があります。

スイッチングモード回路の AC 解析用のシミュレーション制御は、次のように AC 励起信号の周波数をスイープするステップ実行付きトランジェント解析として設定しなければなりません。

過渡解析の開始時間は回路が定常状態に達するまでの時間をあらかじめ予測した値です。

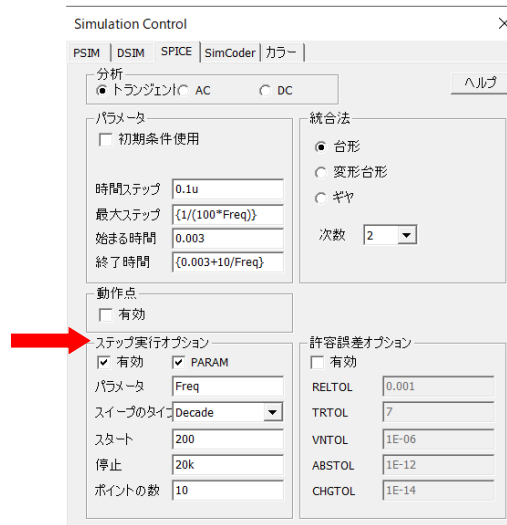
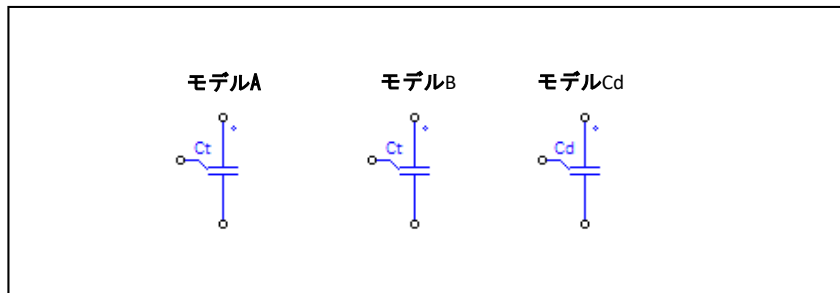


図 2-13 ステップ実行オプション

2.4.4 コンデンサ (V 制御)

これは非線形コンデンサモデルです。この容量は電圧制御されます。



このモデルには3つのタイプがあります。

モデル A: このモデルは電流源です。入力ノード” Ct” で容量を制御します。 $C_t = Q/V$

モデル B: このモデルは電圧源です。入力ノード” Ct” で容量を制御します。 $C_t = Q/V$

モデル Cd: このモデルは電流源です。入力ノード” Cd” で容量を制御します。 $C_d = dQ/dV$ (not Q/V)

注) “Ct” または “Cd” に接続された信号は、コンデンサ両端の電圧の非線形式から、またはルックアップテーブルの出力からのいずれかになります。

2.5 SPICE ネットリストから PSIM 素子を生成する

過去に使用していたものやメーカーのモデルデータベースからのサブサーキットネットリストを使用したい場合があります。PSIM でそれらの既存のネットリストを活用するための便利な方法を説明します。この方法を使うと PSIM 回路素子ライブラリの一部として SPICE 素子ライブラリを作成し保有することができます。

PSIM 素子ライブラリとする SPICE 素子用フォルダを作成し SPICE サブサーキットを置く前に “2.2.2 SPICE モデルのパス設定” で説明している SPICE のサブサーキットネットリストファイルのパスの PSIM の “パス設定” に追加します。

一旦 SPICE ネットリストファイルが PSIM のパス設定で設定したフォルダに入力されれば PSIM 回路の SPICE 指令ブロックには書き込む必要はありません。

作成した SPICE サブサーキット素子ライブラリは PSIM の素子ライブラリと同様に生成され維持されます。次の一覧は SPICE サブサーキットネットリストから PSIM のライブラリ素子を生成する際に必要な情報となります。

表 1 SPICE 素子ライブラリ必要情報一覧

| | |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 名前 | サブサーキットの名前。ネットリスト中の.subcircuit の行にあるものと同じでなければなりません。 |
| 説明 | サブサーキットの簡単な説明。 |
| イメージ | PSIM のイメージ編集、サブサーキットのイメージサイズ、ポートのメイン回路への接続。PSIM ではいくつかの標準の半導体のイメージを用意しています。ポートの順番がサブサーキットネットリストと同じでなければなりません。 |
| ヘルプファイル | サブサーキットの HTML ヘルプファイルへのリンク。 |
| ポート | ネットリストの.subckt で定義されたポート名、数のリスト。 |
| パラメータ | パラメータとデフォルト値のリスト。.subckt と.param 文の内容と同じでなければなりません。 |
| ファイル | サブサーキットファイルのファイル名。 |

例えばいくつかの SPICE サブサーキットネットリストを含んでいる SPICE ネットリストファイル“My SPICE Subckt.txt”を“C:¥PSIM_SPICE Tutrial¥SPICE Subs”のフォルダに保存します。

これらのサブサーキットを含む新しい PSIM ライブラリを作成します。手順は次のようになります。

- ・ PSIM の SPICE モデルパス設定でフォルダ “C:¥PSIM_SPICE Tutorial¥SPICE Subs” を追加します。
- ・ PSIM メニューの **編集>>ライブラリ編集>>ライブラリファイルの編集** で開くイメージライブラリのウィンドウで “新しいライブラリを作成” をクリックします。
- ・ PSIM の “素子” メニューに表示するライブラリ名を入力します。例としてここでは “User SPICE Element” と設定します。

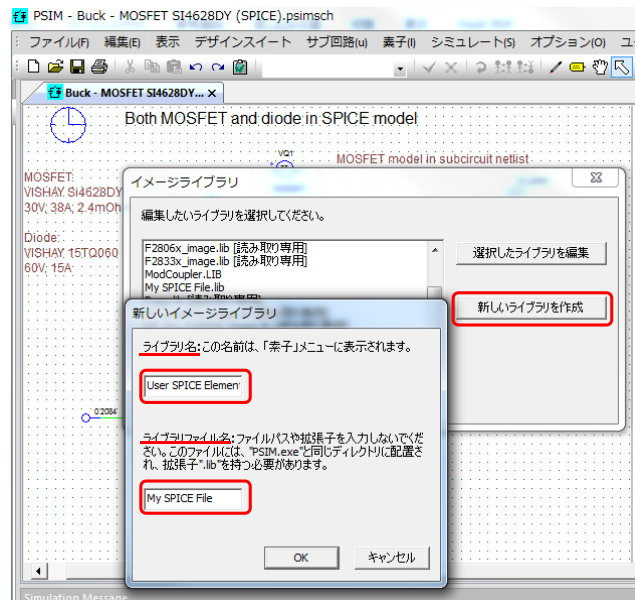


図 2-14 新しいライブラリ作成の入力画面

- ・ ライブラリファイル名は例として “My SPICE File” を入力しています。入力し OK をクリックすると新しいファイルがライブラリリストへ追加されます。
- ・ 新しく作成したライブラリ名 “My SPICE File.lib” を選択し “選択したライブラリを編集”

のボタンをクリックします。

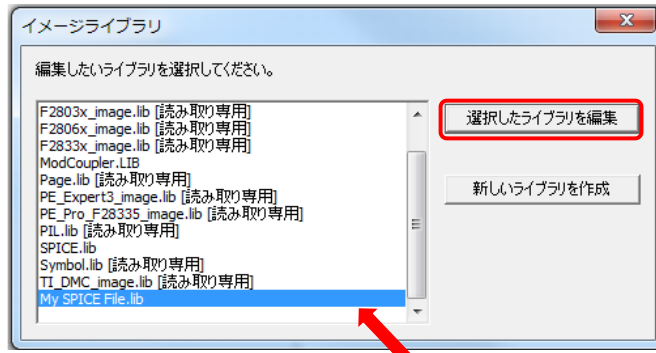


図 2-15 ライブラリ選択画面

- ・ PSIM のイメージライブラリ編集画面が次のように開きます。

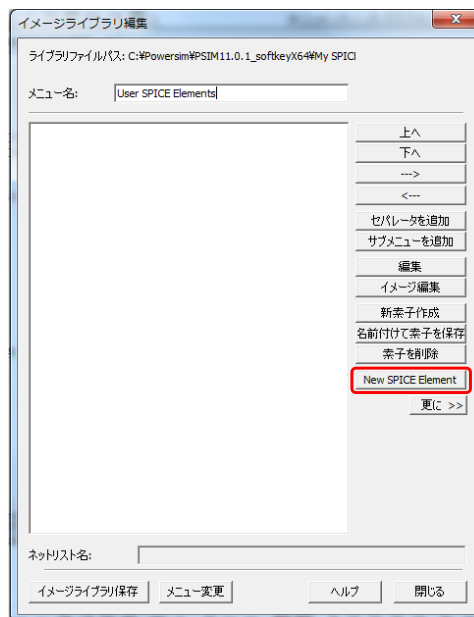


図 2-16 イメージライブラリ編集画面

- ・ “New SPICE Element” のボタンをクリックします。図 2-17 のように PSIM のパス設定ですでに設定されたファイルのすべてのモデルとサブサーキットが表示されます。
- ・ 例えば範例 SPICE>>dc_dc にあります Buck-MOSFET SI4628DY(SPICE)で使用しているサブサーキットを使う場合、ファイル名 “SI4628DY.txt” をクリックしますとこのファイルのサブサーキットすべてが右側に表示されます。

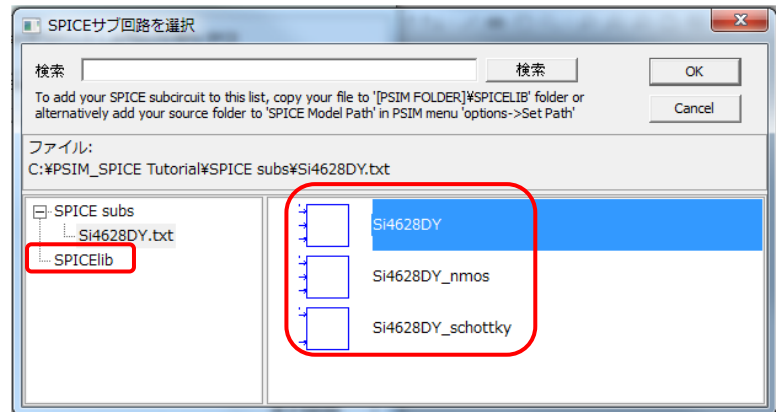


図 2-17 SPICE サブ回路選択画面

- ・ “Si4628DY”をダブルクリックすると図 2-18 のように SPICELibrary 素子のエディタが開きます。このエディタではサブサーキットの定義、名前、ノード、パラメータとデフォルト値が自動的に構文解析され読み込まれています。

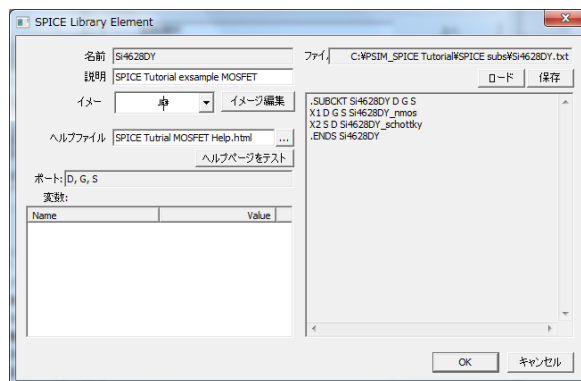


図 2-18 SPICE ライブラリ素子の入力例画面

- ・ 説明にはオプションの簡単な説明として “SPICE Tutorial example MOSFET”と記入しています。
- ・ イメージリストのタブ▼から素子イメージとして対応するものを選択します。OK を押すと次の図 2-19 のようにイメージライブラリ編集で新規の素子 “Si4628DY” が表示されます。
- ・ 新規イメージを作成する場合は“イメージの編集” をクリックしてサイズ、ノード、位置、テキストの追加、画像の編集を行ってください。
- ・ Powersim\Help "フォルダ内に "SPICE Tutorial MOSFET Help.html " という html 形式のヘルプファイルを作成し、スペースにヘルプファイル名を入力して、"Test Help Page "ボタンをクリックしてリンクを確認することも可能です。
- ・ ライブラリに素子を保存するために “保存” ボタンをクリックして “OK”をクリックすると SPICE ライブラリ素子の画面がクローズします。
- ・ イメージライブラリ編集のウィンドウで新規の素子 “Si4628DY” が表示されています。

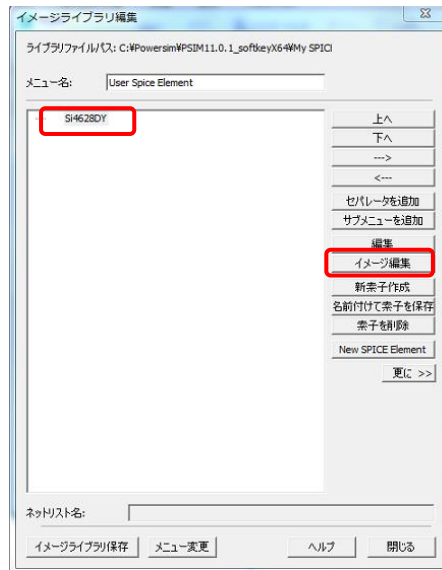


図 2-19 イメージライブラリ編集画面

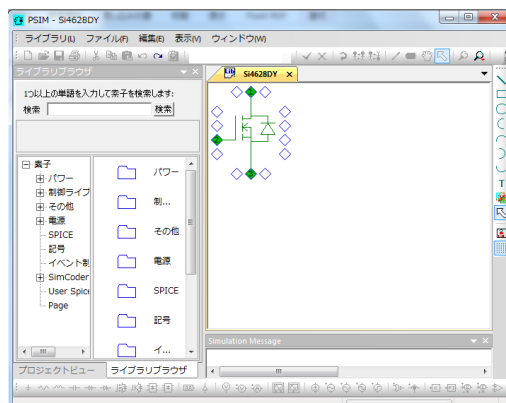


図 2-20 素子イメージ編集画面 (例 : MOSFET)



図 2-21 イメージライブラリ編集終了画面

- ・ライブラリを更新するために“イメージライブラリ保存”をクリックし新規に生成された素子を PSIM の“素子”メニューにアップデートするために“メニュー変更”をクリックしてください。
- ・これで新規の PSIM 素子として PSIM 回路中で SPICE シミュレーションを行う準備が整いました。
- ・SPICE シミュレーションのために PSIM 回路図中に準備した PSIM 素子としてメニューバーの“素子”の下に設定したライブラリ名“User SPICE Elements”ができておりその下に“Si4628DY”があり、クリックすることで回路図中に他の PSIM 素子と同様に配置でき配線することができます。

3 SPICE 解析タイプとオプション

3.1 概要

PSIM は標準の LTspice 構文でネットリストを生成します。LTspice 構文の詳細については参考文献の[1]を、一般的な SPICE 構文については[2-3]を参照してください。この章では SPICE 指令に関連した解析タイプ、コマンド、オプションについて説明します。これらの指令を直接ネットリストに追加して、解析を実行することもできます。

3.2 収束

SPICE シミュレーションは時々収束しないことがあります。収束しない場合は数値積分アルゴリズムの種類の変更、誤差範囲値の適正化、スイッチング回路へのスナバ追加を試してみてください。

3.3 SPICE の解析タイプ

LTspice でサポートされているすべての解析タイプとオプションは SPICE モジュールでサポートされています。より詳細なドキュメントは参考資料の[4]にてオンラインで参照できます。

次の異なるタイプの解析をサポートしています。

- ・ AC 小信号解析
- ・ DC 解析（動作点と DC スイープ）
- ・ 過渡解析

3.3.1 .AC

DC 動作点付近で線形化された小信号 AC 解析

書式:

```
.ac <oct, dec, lin> <Nsteps> <StartFreq> <EndFreq>
```

例:

```
.ac dec 10 1 10k
```

```
.ac lin 100 1 100
```

パラメータ

説明

oct/dec/lin 横軸分割の方法 (dec: 10 の N 乗分割, oct: 2 の N 乗分割, lin: 線形分割)

Nsteps 各解析での開始から終了周波数間のステップ数

StartFreq 開始周波数(Hz)

EndFreq 終了周波数(Hz)

3.3.2 .DC

電源をスイープさせた際の DC 解析、素子の特性をプロットするのに便利です。

書式:

```
.dc <srcnam>< Vstart><Vstop> <Vincr> [<srcnam2><Vstart2><Vstop2><Vincr2>]
```

例:

```
.dc Vds 3.5 0 -0.05 Vgs 0 3.5 0.5
```

パラメータ

説明

srcnam スイープする電源名(電圧もしくは電流源)

Vstart スイープ開始値

| | |
|-------|------------|
| Vstop | スイープ終了値(V) |
| Vincr | スイープの際の増分値 |

3.3.3 .END

ネットリストの終了を示します。すべてのデータ、コマンドはこの前になければなりません。この後の行はすべて無視されます。

書式:
.END

3.3.4 .ENDS

サブサーキット終了を示します。.SUBCKT に詳細説明があります。

書式:
.ENDS

3.3.5 .FOUR

フーリエ解析を過渡解析の一部として制御するコマンドです。フーリエ解析は過渡解析における最後の1周期間で解析されます。

書式:
.four<frequency> [Nharmonics] [Nperiods] <data trace1> [<data trace2> ...]
例:
.four 1kHz V(out)

| パラメータ | 説明 |
|------------|----------------|
| frequency | 基本周波数(Hz) |
| Nharmonics | 解析に含まれる高調波の数 |
| Nperiods | 最後から解析に含める期間の数 |
| data trace | 解析する変数 |

3.3.6 .FUNC

このコマンドでは動作電圧源に対するユーザー定義関数の生成が可能です。

書式:
.func <name>([args]) {<expression>}
例:
.func Pythag(x,y) {sqrt(x*x+y*y)}

| パラメータ | 説明 |
|------------|-------|
| Fname | 関数名 |
| args | 関数の引数 |
| expression | 関数の数式 |

3.3.7 .GLOBAL

このコマンドは任意の回路階層から独立なすべての回路とサブ回路ブロックに利用可能なノードを定義します。

書式:
.global <node1> [node2 [node3] [...]]
例:
.global VDD VCC

| パラメータ | 説明 |
|-------------------------|-------------------------------------|
| node1, node2, node3 ... | トップレベルからアクセスできるようにグローバルとして定義されたノード。 |

3.3.8 .IC

過渡解析のための初期値の設定です。

書式:

```
.ic [V(<n1>)=<voltage>] [I(<inductor>)=<current>]
```

例:

```
.ic V(in)=2 V(out)=5 V(vc)=1.8 I(L1)=300m
```

パラメータ

説明

V(<n1>)=<voltage>

初期ノード電圧設定

I(<inductor>)=<current>

初期インダクタ電流設定

3.3.9 .INCLUDE

このコマンドはパスとファイル名を指定しそのファイル内容を読み込みます。ファイル名についてはウィンドウズのオペレーティングシステムによる制限以外にはありません。

ファイル名には絶対パスも設定してください。PSIMは“2.3 SPICE モデルのパス設定”で説明したパス設定で設定したところを見に行きます。

書式:

```
.INCLUDE path\filename
```

例:

```
.INCLUDE C:\PSIM_SPICE Tutorial\SPICE Subs\LC_FILTER.spicesub
```

3.3.10 .LIB

このコマンドはネットリストに書かれたファイルのライブラリ名を含みます。ローカルオペレーションシステムにある制約以外の制約はありません。

ファイル名には絶対パスも設定してください。PSIM-SPICEでは“2.3 SPICE モデルのパス設定”で説明したパス設定で設定したところを見に行きます。

書式:

```
.LIB path\filename
```

例:

```
.LIB C:\LTC\lib\cmp\standard.bjt
```

暗号化ネットリストファイル:

モデルのネットリストファイルが暗号化されている場合、コマンドは“.lib”と絶対パスを使用しなければなりません。これは PSIM は暗号化されたモデルファイルやサブサーキットを読めないからです。

3.3.11 .MODEL

このコマンドは SPICE を構成するモデルを定義します。

書式:

```
.model <modname> <type>[(<parameter list>)]
```

例:

```
.MODEL QT1 npn (bf=50 is=1e-13 vbf=50)
```

パラメータ

説明

modname モデル名は回路の素子種類毎に別名でなければなりません。例えばダイオードとトランジスタは違う名前にしなければなりません。

type モデルタイプは次の表のようになります

parameter list モデルのパラメータと値。いくつかのモデルはパラメータのリストが長く複雑です。全体の詳細なモデルパラメータの説明と定義につきましてはマニュアル最後に記載してある参考文献を参照してください。

表 2 Model と関連回路素子タイプ対応一覧表

| Model | 関連回路素子のタイプ |
|-------|-----------------|
| R | 半導体抵抗モデル |
| C | 半導体容量モデル |
| L | インダクタモデル |
| SW | 電圧制御スイッチ |
| CSW | 電流制御スイッチ |
| URC | 均一分布 RC 線路 |
| LTRA | 損失伝送ライン |
| D | ダイオード |
| NPN | NPN バイポーラトランジスタ |
| PNP | PNP バイポーラトランジスタ |
| NJF | NchJFET モデル |
| PJF | PchJFET モデル |
| NMOS | NchMOSFET |
| PMOS | PchMOSFET |
| NMF | NchMESFET |
| PMF | PchMESFET |
| VDMOS | 縦型パワーMOSFET |

3.3.12 .OP

動作点解析。このコマンドは全インダクタショート、全容量オープンで回路の DC 動作点を決定します。

書式:

.OP

例:

.OP

3.3.13 .OPTIONS

このコマンドはシミュレータのオプションを設定できます。ユーザーは特定のシミュレーション目的のためにこのオプションの設定ができます。

書式:

.OPTIONS opt1 opt2 ...

.OPTIONS opt1=val opt2=val ...

例:

.OPTIONS TELTOL=0.005 TRTOL=8

次の表はよく使われるオプションの一覧です。これらの多くは SPICE タブの PSIM のシミュレーション制御ダイアログで設定できます。完全なオプションの一覧はマニユ

アル最後に記載してある参考文献を参照してください。

表 3 PSIM 制御ダイアログで設定できるオプション一覧表

| キーワード | 説明 | デフォルト値 |
|---------|---------------------------------------------|--------------|
| ABSTOL | 絶対電流精度 | 1pA |
| CHGTOL | 絶対電荷精度 | 10 fC |
| MAXSTEP | 過渡解析の最大ステップ数 | Infinity 無限大 |
| METHOD | 数値積分法 : 台形、変形台形、ギア | 台形 |
| RELTOL | 相対誤差精度 | 0.001 |
| TEMP | 温度設定をしていない回路要素のデフォルト温度 | 27 °C |
| TRTOL | 過渡解析誤差精度 このパラメータは実際の打ち切り誤差を大きく見積もるための要素値です。 | 1 |
| VNTOL | 絶対電圧誤差精度 | 1uV |

3.3.14 .PARAM

このコマンドはユーザー設定の変数を作成できます。名前と数値の関連付け及びサブ回路をパラメータ化するのに役立ちます。

書式:

.PARAM param1=expr1 param2=expr2...

例:

.PARAM po=6 pp=7.8 pop=10k

次の一覧は.PARAMで使用可能な内蔵された演算子です。

表 4 .PARAMで使用可能な演算子一覧

| 演算子 | 説明 |
|-----|-----------|
| & | 論理演算子 AND |
| | 論理演算子 OR |
| ^ | 論理演算子 XOR |
| < | 未満 |
| > | より大きい |
| <= | 以下 |
| >= | 以上 |
| + | 加算 |

| | |
|----|-----|
| - | 減算 |
| * | 乗算 |
| / | 除算 |
| ** | べき乗 |

次の一覧は.PARAM 行で使用可能な組み込み関数です。

表 5 .PARAM で使用可能な内蔵された関数

| 組み込み関数 | 注記 |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| abs(x) | Absolute value of x |
| acos(x) | Real part of the arc cosine of x, e.g., acos(-5) returns 3.14159, not 3.14159+2.29243i |
| arccos(x) | Synonym for acos() |
| acosh(x) | Real part of the arc hyperbolic cosine of x, e.g., acosh(.5) returns 0, not 1.0472i |
| asin(x) | Real part of the arc sine of x, e.g., asin(-5) returns -1.57080, not -1.57080+2.29243i |
| arcsin(x) | Synonym for asin() |
| asinh(x) | Arc hyperbolic sine |
| atan(x) | Arc tangent of x |
| arctan(x) | Synonym for atan() |
| atan2(y,x) | Four quadrant arc tangent of y/x |
| atanh(x) | Arc hyperbolic tangent |
| buf(x) | 1 if x > .5, else 0 |
| cbrt(x) | Cube root of (x) |
| ceil(x) | Integer equal or greater than x |
| cos(x) | Cosine of x |
| cosh(x) | Hyperbolic cosine of x |
| exp(x) | e to the x |
| fabs(x) | Same as abs(x) |
| flat(x) | Random number between -x and x with uniform distribution |
| floor(x) | Integer equal to or less than x |
| gauss(x) | Random number from Gaussian distribution with sigma of x. |

| | |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| hypot(x,y) | $\sqrt{x^2 + y^2}$ |
| if(x,y,z) | If $x > .5$, then y else z |
| int(x) | Convert x to integer |
| inv(x) | 0. if $x > .5$, else 1. |
| limit(x,y,z) | Intermediate value of x, y, and z |
| ln(x) | Natural logarithm of x |
| log(x) | Alternate syntax for ln() |
| log10(x) | Base 10 logarithm |
| max(x,y) | The greater of x or y |
| mc(x,y) | A random number between $x*(1+y)$ and $x*(1-y)$ with uniform distribution. |
| min(x,y) | The smaller of x or y |
| pow(x,y) | Real part of x^y , e.g., |
| pow(-.5,1.5) | returns 0., not 0.353553i |
| pwr(x,y) | $\text{abs}(x)^y$ |
| pwr(x,y) | $\text{sgn}(x)*\text{abs}(x)^y$ |
| rand(x) | Random number between 0 and 1 depending on the integer value of x |
| random(x) | Similar to rand(), but smoothly transitions between values. |
| round(x) | Nearest integer to x |
| sgn(x) | Sign of x |
| sin(x) | Sine of x |
| sinh(x) | Hyperbolic sine of x |
| sqrt(x) | Real part of the square root of x, e.g., sqrt(-1) returns 0, not 0.707107i |
| table(x,a,b,c,d,...) | Interpolate a value for x based on a look up table given as a set of pairs of points. |
| tan(x) | Tangent of x |
| tanh(x) | Hyperbolic tangent of x |
| u(x) | Unit step, i.e., 1 if $x > 0$., else 0. |
| uramp(x) | x if $x > 0$., else 0. |

指数表記のサフィックスは次のようになります。

表 6 指数表記のサフィックス一覧

| サフィックス | 指数表記 |
|--------|-------|
| g | 10e9 |
| meg | 1e6 |
| k | 1e3 |
| m | 1e-3 |
| u | 1e-6 |
| n | 1e-9 |
| p | 1e-12 |
| f | 1e-15 |

3.3.15 .SAVE

このコマンドは解析の生データファイルに保存されるベクトルに名前をつけます。PSIMではネットリストに.SAVEがないと結果が生Dataのファイルとして記録されないので注意してください。ユーザーはシミュレーション結果のDataを保存するためにネットリストに.SAVEコマンドで書くかPSIM回路中でプローブを設定しなければなりません。

書式:

.SAVE vector1 vector2 ...

例:

. SAVE i(Vin) V(node2)

3.3.16 .STEP

このコマンドはパラメータスイープに使用します。特定したパラメータ設定で解析を繰り返して実行します。PSIMではこのコマンドはスイープパラメータを定義するために.PARAMと一緒に使用する必要があります。“2.4.4 解析オプション”で説明しましたように、シミュレーション制御のSPICEタブにある“ステップ実行オプション”をチェックすると設定できます。

書式:

.STEP Param_name Vstart Vend Vstep

例:

.STEP Rswp 10 20 1

...

R1 3 0 {Rswp}

...

キーワード

説明

Param_name スイープするパラメータ名。例にあります Rswp が該当します。

Vstart 開始値

Vend 終了値

Vstep 増加量

3.3.17 .SUBCKT

このコマンドは SPICE のサブサーキットで定義したネットリストを開始します。

サブサーキットの終了は.ENDで定義します。

書式:

```
Xsub_calling node1 node2 ...Sub_name param1=val param2=val ...
```

```
.SUBCKT Sub_name node1 node2 ... param1=dval param2=dval ...
```

例:

次の行はサブサーキットの呼び出しです。

```
xdiv1 10 7 0 vdivide
```

```
*
```

サブサーキットの定義は次のようになります。

```
.SUBCKT vdivide 1 2 3
```

```
r1 1 2 10K
```

```
r2 2 3 5K
```

```
. ENDS vdivider
```

キーワード

説明

Xsub_calling

サブサーキットを読み込む回路要素

param1=val

サブサーキットのパラメータ。Xsub_calling 行でシミュレーションのために回路で使われる値。省略された場合はサブ

param2=val

サーキットで定義されているデフォルト値が使用されます。

Sub_name

サブサーキット名

node1 node2 ...

サブサーキットのノード

param1=dval

パラメータ

param2=dval

サブサーキット定義ではデフォルト値です。

3.3.18 TEMP

これはステップコマンドの別のフォームです。

書式:

```
.TEMP <T1> <T2> >...
```

例:

```
.STEP TEMP LIST<T1><T2>...
```

3.3.19 .TRAN

このコマンドは回路の過渡解析を行います。

書式:

```
.TRAN <Tstep><Tstop>[Tstart[dTmax]][modifiers]
```

```
.TRAN<Tstop>[modifiers]
```

例:

```
. TRAN 10n 1m
```

```
. TRAN 1n 100n UIC
```

キーワード

説明

Tstep

計算の増加分

Tstop

シミュレーション終了時間

Tstart

シミュレーション開始時間。省略時は0となります。過渡解析は0から開始されます。0から開始時間まで回路は解析されますが結果は残りません。

dTmax

シミュレーションの最大時間ステップ。省略時は (Tstop-Tstart) /50 が使われます。

UIC

初期条件を使用します。このオプションは SPICE で過渡解析を開始する前に静止点で解析したくない場合に設定が必要です。設定することで

SPICE は初期値として変数要素 IC=val の制御文.IC で定義された値を使用します。

4 SPICE 要素とデバイスモデル

4.1 概要

この章では SPICE シミュレーションで使用する素子とデバイスモデルの最も一般的なネットリスト形式について説明します。温度依存、抵抗の半導体モデルの定義など、より詳細かつ複雑な素子特性に関してはこのマニュアルの最後にあります参考文献の SPICE マニュアルで確認してください。

サポートされていないパラメータ名がある場合はメッセージウィンドウに表示され、無視してシミュレーションが実行されます。

PSIM の回路要素に実装されていない SPICE 用の素子については PSIM の“SPICE サブ回路ネットリストブロック”か“SPICE 指令ブロック”を使ったサブサーキットブロックとして PSIM 回路へ組み込んでください。

次の表は LTspice 回路素子のクイックリファレンスです。

表 7 LTspice 回路素子のクイックリファレンス

| 構成要素 | 書式 |
|---------------------------------|-------------------------------------------------|
| Special functions | Axxx n1 n2 n3 n4 n5 n6 n7 n8 [extra parameters] |
| Arbitrary behavioral source | Bxxx n+ n- <V=... or I=...> |
| Capacitor | Cxxx n+ n- |
| Diode | Dxxx A K |
| Voltage dependent voltage souce | Exxx n+ n- nc+ nc- <gain> |
| Current dependent current souce | Fxxx n+ n- <Vnam> <gain> |
| Voltage dependent current souce | Gxxx n+ n- nc+ nc- <transcond.> |
| Current dependent voltage souce | Hxxx n+ n- <Vnam> <transres.> |
| Independent current source | Ixxx n+ n- <current> |
| JFET transistor | Jxxx D G S <model> |
| Mutual inductance | Kxxx L1 L2 L3... <coeff.> |
| Inductance | Lxxx n+ n- <inductance> |
| MOSFET transistor | Mxxx D G S B <model> |
| Lossy transmission line | Oxxx L+ L- R+ R- <model> |
| Bipolar transistor | Qxxx C B E [S] <model> |
| Resistor | Rxxx n1 n2 <value> |

| | |
|----------------------------|----------------------------------------|
| Voltage controlled switch | Sxxx n1 n2 nc+ nc- <model> |
| Lossless transmission line | Txxx L+ L- R+ R- ZO=<value> TD=<value> |
| Uniform RC-line | Uxxx n1 n2 ncommon <model> L=<len> |
| Independent voltage source | Vxxx n+ n- <voltage> |
| Current controlled switch | Wxxx n1 n2 <Vnam> <model> |
| Subcircuit | Xxxx n1 n2 n3... <subckt name> |
| MESFET transistor | Zxxx D G S <model> |

4.2 受動素子

次の受動素子についてこのセクションで説明します。

表 8 PSIM 受動素子一覧

| SPICE 素子 | PSIM 回路素子 |
|----------|-----------------|
| 抵抗 | 抵抗 |
| インダクタ | インダクタ |
| コンデンサ | コンデンサ、コンデンサ（電解） |
| 結合インダクタ | 結合インダクタ |

PSIM では、受動素子の基本的な形式のみを生成します。R、L、C のレベル 2 モデルの場合、これらの追加パラメータは、回路ネットリストの内の追加 R、L、C 素子として定義されます。

PSIM によって生成されたネットリストには、等価直列抵抗、直列インダクタンス、並列抵抗、並列容量などの他のパラメータを追加できます。

4.2.1 抵抗

この素子はノード N1 と N2 間の線形抵抗です。

書式：

Rxxx n1 n2 <value>

例：

R1 1 2 25
R2 3 4 10k

引数

Rxxx :

n1 :

n2 :

value :

説明

回路中の抵抗名

正側のノード

負側のノード

抵抗値 単位はオーム(Ω) ゼロは使用できません。

4.2.2 コンデンサ

この素子はノード N1 と N2 間の線形コンデンサです。

書式 :
 Cxxx n1 n2 <capacitance> [ic=<value>]
例 :
 C1 1 2 1u
 C2 3 4 10u IC=4V

| 引数 | 説明 |
|---------------|----------------------------|
| Cxxx : | 回路中の容量素子名 |
| n1 : | 正側のノード |
| n2 : | 負側のノード |
| capacitance : | 容量値 単位ファラッド(F) ゼロは使用できません。 |
| ic=<value> : | 任意設定。コンデンサ電圧の初期値 単位ボルト(V) |

4.2.3 インダクタ (Inductor)

この素子はノード N1 と N2 間の線形インダクタです。

書式 :
 Lxxx n+ n- <inductance>[ic=<value>]
例 :
 L1 1 2 1m
 L2 3 4 5m IC=2

| 引数 | 説明 |
|--------------|--------------------------------|
| Lxxx : | 回路中のインダクタ名 |
| n+ : | 正側のノード |
| n- : | 負側のノード |
| inductance : | インダクタンス 単位ヘンリー (H) ゼロは使用できません。 |
| ic=<value> : | 任意設定。インダクタ電流の初期値 単位アンペア (A) |

4.2.4 結合インダクタ (Coupled Inductor)

この素子は Lname1 と Lname2 の結合 (相互) インダクタを定義しています。

書式 :
 Kxxx L1 L2 [L3 ...] <coefficient>
例 :
 K1 L1 L2 L3 L4 0.9

| 引数 | 説明 |
|---------------|-------------------------------|
| Kxxx : | 結合インダクタ名 |
| L1, L2, ... : | 1 次側の結合インダクタ名 |
| Lname2 : | 2 次側の結合インダクタ名 |
| coefficient : | カップリング係数、-1 ~1 の範囲でなければなりません。 |

上記の例は以下の 6 行と同義となります。

```
K1 L1 L2 0.9
K2 L2 L3 0.9
K3 L3 L4 0.9
```

```

K4 L1 L3 0.9
K5 L2 L4 0.9
K6 L1 L4 0.9

```

4.3 伝送線路

伝送線路は PSIM の回路要素にはありませんが PSIM の “SPICE サブサーキットネットリストブロック” と “SPICE 指令ブロック” を使ってサブサーキットブロックとして PSIM 回路に組み込みます。

4.3.1 無損失伝送線路

この素子は port1 と port2 間の無損失伝送線路です。

```

書式 :
Txxx L+ L- R+ R- Zo=<value> Td=<value>
例 :
T1 1 0 2 0 Zo=50 TD=5ns

```

| 引数 | 説明 |
|--------------|--------------------------------|
| Tname : | 無損失伝送線路の名前 |
| L+, L- : | port1 のノード |
| R+, R- : | port2 のノード |
| Z0=value : | 特性インピーダンス特性 単位はオーム(Ω) |
| Td=<value> : | 任意設定。伝送遅延 単位は秒(sec) |

4.3.2 均一分布 RC 線路

この素子はノード N3 にコンデンサが接続されたノード N1 と N2 間の均一分布 RC 線路です。

```

書式 :
Uxxx N1 N2 Ncom <model> L=<len> [N=<lumps>]
例 :
U1 1 2 3 Model_UniRC

```

| 引数 | 説明 |
|-------------|----------------------------------------------------------------|
| Uxxx : | 均一分布 RC 線路の名前 |
| N1,N2 : | RC 線路へ接続するノード |
| Ncom : | コンデンサへ接続するノード |
| model : | 損失線路のモデル名。モデルパラメータと説明はこのマニュアル最後の参考文献にあります。 |
| L=<len> : | RC 線路の長さ 単位メートル(m) |
| N=<lumps> : | 任意設定。RC 線路のモデリングに使用する集中セグメント数 モデルについての説明はマニュアル最後の参考文献にあります。 |

4.4 能動素子(ACTIVE ELEMENTS)

この章では次の能動素子について説明します。

表 9 PSIM 能動素子一覧

| SPICE 素子 | PSIM 回路素子 |
|----------|--------------------------------------------|
| 電圧制御スイッチ | 双方向スイッチ |
| 電流制御スイッチ | |
| ダイオード | ダイオード |
| BJT | nnpTransistor(model), pnpTransistor(model) |
| MOSFET | MOSFET(model),p-MOSFET(model) |
| JFET | |
| MESFET | |

PSIM 要素表現にはない SPICE 素子に対しては PSIM の “SPICE サブ回路ネットリストブロック” と “SPICE 指令ブロック” を使ったサブサーキットブロックとして PSIM 回路に挿入してください。

PSIM の SPICE モデルライブラリに含まれていない半導体デバイスモデルを使用したい時には “SPICE 指令ブロック” でモデルを書くか、このマニュアル 2.5 にある “外部 SPICE ライブラリの説明” にあるモデルライブラリファイルの読み込みを行ってください。

4.4.1 電圧制御スイッチ

この素子はノード NC1 と NC2 間の電圧で制御されるノード N1 と N2 間の電圧制御スイッチです。

書式 :
Sxxx n1 n2 nc+ nc- <model> [on,off]

例 :
S1 1 2 3 4 Smod ON

| 引数 | 説明 |
|------------|----------------------------------------------------------|
| Sname : | スイッチの名前 |
| n1, n2 : | スイッチの 2 つの端子のノード |
| nc+, nc- : | 制御電圧の正、負の端子 |
| model : | スイッチのモデル名 |
| on,off : | 任意設定。スイッチの初期状態。制御電圧がヒステリシス曲線の内側から開始する際に必要です。それ以外は省略可能です。 |

4.4.2 電流制御スイッチ

この素子は電圧源 Vname を流れる電流によって制御されるノード N1 と N2 間の電流制御スイッチです。

書式 :
Wxxx n1 n2 Vnam <model> [on,off]

例 :
W1 1 2 3 4 Wmod ON

| 引数 | 説明 |
|--------|---------|
| Wxxx : | スイッチの名前 |

n1, n2 : スイッチの2つの端子のノード
 Vnam : 制御電流の流れる電圧源
 model : スイッチのモデル名
 [on,off] : 任意設定。スイッチの初期状態。制御電圧がヒステリシス曲線内側から開始する場合に必要です。それ以外は省略可能です。

4.4.3 制御スイッチモデル

モデルスイッチのモデルはほぼ理想スイッチを定義します。SPICE シミュレーションでのスイッチは0から無限大への抵抗切替は理想的ではありません。ある有限の正の値で on/off 状態が割り当てられなければなりません。

モデルパラメータは次のようになります。

電圧制御スイッチモデル書式 :

.model model_name sw(vt=value1 vh=value2 ron=value3 roff=value4)

電流制御スイッチモデル書式 :

.model model_name csw(it=value1 ih=value2 ron=value3 roff=value4)

例 :

Vm3 14 0 dc 0 ; W1 制御電流のための電圧源

S1 10 0 1 0 Sw1 off

W1 20 21 Vm3 Wsw1 off

.model Sw1 sw vt=1 vh=0.2 ron=1m roff=10meg ;電圧制御スイッチ S1 のモデル

.model Wsw1 csw it=1m ih=0.2m ron=0.01 roff=10meg ;電流制御スイッチ W1 のモデル

表 10 制御スイッチモデルパラメータ一覧

| 名前 | パラメータ | 単位 | デフォルト値 | モデル |
|------|----------|----------|---------|--------|
| vt | 閾値電圧 | V | 0.0 | SW |
| vh | ヒステリシス電圧 | V | 0.0 | SW |
| it | 閾値電流 | A | 0.0 | CSW |
| ih | ヒステリシス電流 | A | 0.0 | CSW |
| ron | ON 抵抗 | Ω | 1.0 | SW,CSW |
| roff | Off 抵抗 | Ω | 1.0E-12 | SW,CSW |

4.4.4 ダイオード

この素子はノード N1 と N2 間の PN ジャンクションダイオードを定義します。

一般書式 :

Dxxx anode cathode <model> [area] [on/off] [m=<val>] [n=<val>] [temp=<value>]

例 :

D1 1 2 Dmod

| 引数 | 説明 |
|-------------------|-----------------------------------------------|
| Dxxx : | ダイオードの名前 |
| anode : | 正側 (アノード) のノード |
| cathode : | 負側 (カソード) のノード |
| model : | ダイオードのモデル名 |
| <on/off> : | 任意設定。DC 動作点解析のためのデバイスの初期状態 |
| m=<val>, n=<val>: | インスタンスパラメータ: m は並列デバイスの数を設定し、n は直列デバイス数を設定します |

ダイオードモデルの一般書式:

```
.model model_name d (param1=pval1 param2=pval2.....)
```

例:

```
.model DMOD D(bf=50 is=1.2e-13 vbf=50)
```

接合ダイオードは SPICE でモデル化された最も簡単で基本的なスイッチの 1 つです。しかしそのモデルは非常に複雑です。より詳細なモデルパラメータの説明と定義については参考文献を参照してください。

4.4.5 バイポーラ接合トランジスタ (BJT)

この素子はバイポーラ接合トランジスタ npn もしくは pnp のどちらかを定義します。

書式:

```
Qxxx Nc Nb Ne [Ns] model [<instance parameters>]
```

例:

```
Q1 1 2 3 Qmod
```

| 引数 | 説明 |
|-----------------------|----------------------------------|
| Qxxx : | トランジスタの名前 |
| Nc : | トランジスタ コレクタのノード |
| Nb : | トランジスタ ベースのノード |
| Ne : | トランジスタ エミッタのノード |
| Ns : | 任意設定。トランジスタ基板のノード |
| model : | トランジスタのモデル名 |
| instance parameters : | 任意設定。トランジスタインスタンスを決めるインスタンスパラメータ |

BJT Model 一般書式:

```
.model model_name npn(param1=pval1 param2=pval2...)
```

```
.model model_name pnp(param1=pval1 param2=pval2...)
```

例:

```
.model QMOD NPN(level=2)
```

バイポーラ接合トランジスタの SPICE モデルは非常に複雑です。

より詳細なモデルパラメータの説明と定義については参考文献を参照してください。

4.4.6 MOSFET

この素子は MOSFET の Nch もしくは Pch のどちらかを定義します。

一般書式:

```
Mxxx Nd Ng Ns Nb <model> [<instance parameters>]
```

例:

```
M1 1 2 3 0 Mmod L=1u W=2
```

| 引数 | 説明 |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Mname : | MOSFET の名前 |
| Nd : | MOSFET ドレインのノード |
| Ng : | MOSFET ゲートのノード |
| Ns : | MOSFET ソースのノード |
| Nb : | MOSFET バルクのノード |
| Model : | MOSFET モデル名 |
| <instance parameters> : | 任意設定。MOSFET のインスタンスを定義するインスタンスパラメータ |

MOSFET Model 一般書式 :

```
.model model_name nmos(param1=pval1 param2=pval2. . . )
.model model_name pmos(param1=pval1 param2=pval2. . . )
```

例 :

```
.model Mmod NMOS (level=3)
```

MOSFET デバイスのスパイスモデルは非常に複雑です。

より詳細なモデルパラメータの説明と定義については参考文献を参照してください。

4.4.7 接合型電解効果トランジスタ (JFET)

この素子は JFET の Nch もしくは Pch のどちらかを定義します。

一般書式 :

```
Jxxx Nd Ng Ns <model> [<instance parameters>]
```

例 :

```
J1 1 2 3 0 Jmod off
```

引数 **説明**

| | |
|---------|--------------|
| Jxxx : | JFET の名前 |
| Nd : | JFET ドレインノード |
| Ng : | JFET ゲートノード |
| Ns : | JFET ソースノード |
| Model : | JFET モデル名 |

<instance parameters> : 任意設定。JFET のインスタンスを定義するインスタンスパラメータ

JFET モデル一般書式 :

```
.model model_name NJF (param1=pval1 param2=pval2 ... )
.model model_name PJF (param1=pval1 param2=pval2 ... )
```

例 :

```
.model JMOD NJF (RD=80)
```

JFET の SPICE モデルは非常に複雑です。

より詳細なモデルパラメータの説明と定義については参考文献を参照してください。

4.4.8 MESFET

この素子は MESFET の Nch もしくは Pch のどちらかを定義します。

書式 :

```
Zxxx Nd Ng Ns <model> [<instance parameters>]
```

例 :

```
Z1 1 2 3 Zmod
```

| 引数 | 説明 |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Zxxx | : MESFET の名前 |
| Nd | : MESFET ドレインノード |
| Ng | : MESFET ゲートノード |
| Ns | : MESFET ソースノード |
| model | : MESFET モデル名 |
| <insulance parameter> | : 任意設定。MESFET のインスタンスを定義するインスタンスパラメータ |

MESFET Model 一般書式 :

```
.model model_name NMF(param1=pval1 param2=pval2...)
.model model_name PMF(param1=pval1 param2=pval2...)
```

例 :

```
.model Zmod NMF (level=1 rd=46)
```

MESFET デバイスの SPICE モデルは非常に複雑です。

より詳細なモデルパラメータ説明と定義については参考文献を参照してください。

4.5 電源

この章では次の電源について説明します。

- 独立した電圧源
- 独立した電流源
- 電圧制御電圧源
- 電流制御電流源
- 電圧制御電流源
- 電流制御電圧源

表 11 SPICE 素子の PSIM 回路素子対応一覧

| SPICE 素子 | PSIM 回路素子 |
|----------|-----------|
|----------|-----------|

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>独立電源：</p> <p>パルス 正弦波 指数関数 区分線形 単一周波数周波数変調 振幅変調源 過渡ノイズ源 ランダム電圧源</p> | <p>矩形波と三角波の電圧源、電流源 鋸波の電圧源 正弦波の電圧源、電流源</p> <p>区分線形、区分線形電圧源(ペア)、ステップ及びステップ(2 レベル)の電圧源、電流源</p> <p>ランダム電圧源電流源</p> |
| <p>線形電源：</p> <p>線形電圧制御電流源 線形電圧制御電圧源 線形電流制御電流源 線形電流制御電圧源 多項式電源</p> | <p>電圧制御電流源 電圧制御電圧源 電流制御電流源 電流制御電圧源</p> |
| <p>非線形電源： 非線形電源</p> <p>非線形電圧源 非線形電流源</p> | <p>可変ゲイン電圧制御、非線形（乗算）、非線形(除算)、非線形（平方根）電圧源電流源。 パワーと数式電圧源、多項及び多項(1)電流源</p> |

PSIM 素子表現にはない SPICE 素子に対しては PSIM の“SPICE サブサーキットネットリストブロック”と“SPICE 指令ブロック”を使ってサブサーキットブロックとして PSIM 回路に挿入することができます。

4.5.1 独立電圧電流源

N1 から N2 へ流れる独立電流源であると同時にノード N1 と N2 間の独立電圧源です。

書式：

Vxxx n+ n- <voltage> [AC=<amplitude>] [<other options>]
Ixxx n+ n- <current> [AC=<amplitude>] [<other options>]

例：

Vcc 10 0 DC 12
Vin 1 2 AC 110 120

引数

説明

Vxxx, Ixxx : 電圧電流源の名前
n+ : 正側電圧源のノード
n- : 負側電圧源のノード
voltage, current : 定電圧または定電流の値
AC=<amplitude> : AC 解析電源として使用される電源のオプションキーワード。
振幅は、電源の AC ピーク振幅 (V 単位) です。
<other options> : 過渡解析のための電圧源として次のタイプを定義します。
PULSE—パルス
SINE—正弦波
EXP—指数
PWL—区分線形
SFFM—単一周波数の周波数変調 FM

WAVEFILE—外部データ(.wav ファイル)

もし電圧源が PSIM 要素表現にはないオプションの場合は「SPICE サブサーキットネットリストブロック」と「SPICE ディレクティブブロック」を使用して回路図中で SPICE サブサーキットブロックとして電圧源を定義する必要があります。

4.5.1.1 パルス波

書式 :

Vxxx n+ n- PULSE(V1 V2 Tdelay Trise Tfall Ton Tperiod Ncycles)

例 :

Vin 3 0 PULSE(0 10 2u 1u 1u 50u 100u)

表 12 パルス波書式内容一覧

| 名前 | パラメータ | デフォルト値 | 単位 |
|---------|--------------------------|--------|--------|
| V1 | 初期値 | --- | V or A |
| V2 | パルス値 | --- | V or A |
| Tdelay | 遅延時間 | 0.0 | 秒 |
| Trise | 立上がり時間 | TSTEP | 秒 |
| Tfall | 立下がり時間 | TSTEP | 秒 |
| Ton | On 時間 | TSTEP | 秒 |
| Tperiod | パルス幅 | TSTEP | 秒 |
| Ncycles | サイクル数 (フリーランニングパルス関数は省略) | 省略 | サイクル |

パルス源は、三角波とのこぎり波を生成するためによく使用されます。

4.5.1.2 正弦波

書式 :

Vxxx n+ n- SINE(Voffset Vamp Freq Td Theta Phi Ncycles)

例 :

Vin 3 0 SINE(0 110 60 0 120)

表 13 正弦波書式内容一覧

| 名前 | パラメータ | デフォルト値 | 単位 |
|----|-------|--------|----|
|----|-------|--------|----|

| | | | |
|---------|--------------------------|----------|--------|
| Voffset | オフセット | --- | V or A |
| Vamp | 振幅 | --- | V or A |
| Freq | 周波数 | 1/T STOP | Hz |
| Td | 遅延 | 0.0 | 秒 |
| Theta | ダンピング係数 | 0.0 | 1/秒 |
| Phi | 初期位相 | 0.0 | ° |
| Ncycles | サイクル数 (フリーランニングパルス関数は省略) | 省略 | サイクル数 |

Td 未満の時間、または Ncycles の完了後の時間が実行された場合、出力電圧は

$Voffset + Vamp * \sin(\pi * Phi / 180)$ となります。

それ以外の場合、電圧は

$Voffset + Vamp * \exp(-(\text{time}-Td) * Theta) * \sin(2 * \pi * Freq * (\text{time}-Td) + \pi * Phi / 180)$

となります。

減衰係数「Theta」は、減衰時定数の逆数です。

4.5.1.3 指数

書式:

Vxxx n+ n- EXP(V1 V2 Td1 Tau1 Td2 Tau2)

例:

Vin 3 0 EXP(-4 -1 2n 30n 60n 40n)

表 14 指数関数書式内容一覧

| 名前 | パラメータ | デフォルト値 | 単位 |
|------|----------|-----------|--------|
| V1 | 初期値 | --- | V or A |
| V2 | パルス値 | --- | V or A |
| Td1 | 立上がり遅延時間 | 0.0 | 秒 |
| Tau1 | 立上がり時定数 | TSTEP | 秒 |
| Td2 | 立下り遅延時間 | TD1+TSTEP | 秒 |
| Tau2 | 立下り時定数 | TSTEP | 秒 |

Td1 未満の場合、出力電圧は V1 となります。

Td1 と Td2 の間の時間では、電圧は次の式で与えられます。

$$V1 + (V2-V1) * (1-\exp(-(\text{time}-Td1) / \text{Tau1}))$$

Td2 以降の時間では、電圧は次の式で与えられます。

$$V1 + (V2-V1) * (1-\exp(-(\text{time}-Td1) / \text{Tau1})) + (V1-V2) * (1-\exp(-(\text{time}-Td2) / \text{Tau2}))$$

4.5.1.4 区分線形波

書式：

Vxxx n+ n- PWL(t1 v1 t2 v2 t3 v3...)

例：

Vosc 3 0 PWL(0 -1 10u -1 11u 0 20u 0 21u 1 50u 1) r=0 td=15u

ペアで設定される電源値(Ti Vi)は時間 Ti の時の Vi (V か A) です。

時間の間値における電源値は入力値の線形補間によって決定されます。

指定された時間-電圧ポイントはいくつでもかまいません。

t1 より前の時間では、電圧は v1 です。

t (i) と t (i + 1) の間の時間では、電圧は v (i) と v (i + 1) の間で線形に変化します。

前回以降は、電圧は最後の電圧に保たれます。

4.5.1.5 単一周波数の周波数変調

書式：

Vxxx n+ n- SFFM(Voff Vamp Fcar MDI Fsig)

例：

V1 4 0 SFFM(0 1m 20K 5 1K)

表 15 単一周波数 FM 波設定パラメータ内容一覧

| 名前 | パラメータ | デフォルト値 | 単位 |
|------|---------|---------|--------|
| Voff | オフセット | --- | V or A |
| Vamp | 振幅 | --- | V or A |
| Fcar | キャリア周波数 | 1/TSTOP | Hz |
| MDI | 変調指数 | --- | |
| Fsig | 信号周波数 | 1/TSTOP | Hz |

電圧は

$$Voff + Vamp * \sin((2.*\pi * Fcar * \text{time}) + MDI * \sin(2.*\pi * Fsig * \text{time}))$$

で与えられます。

4.5.1.6 波形ファイル

書式：

Vxxx n+ n- wavefile=<filename> [chan=<nnn>]

例 :

V1 5 0 wavefile=Control.wav

表 16 波形ファイル設定パラメータ内容一覧

| 名前 | パラメータ |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| filename | ファイル名。これは、「.wav」ファイルの完全な絶対パス、またはシミュレーション回路図またはネットリストを含むディレクトリから計算された相対パスのいずれかです。ダブルコーテーション “ ” はスペースを含むパスを指定するために使用できます。 |
| chan=<nnn> | .wav ファイルには、0~65535 の番号が付けられた最大 65536 のチャンネルを含めることができます。Chan は、使用するチャンネルを指定するように設定できます。デフォルトでは、最初のチャンネル番号 0 が使用されます。.wav ファイルは、-1V から 1V までのフルスケール範囲を持つものと解釈されます。 |

この電源はトランジェント解析でのみ意味を持ちます。DC や AC の解析には使用しないでください。

4.5.2 線形従属電源

この章で説明する線形従属電源は四つのタイプがあります。

- ・ 電圧制御電圧源
- ・ 電圧制御電流源
- ・ 電流制御電圧源
- ・ 電流制御電流源

4.5.2.1 電圧制御電圧源

この素子は線形電圧制御電圧源を定義します。

書式 : Exxx n+ n- nc+ nc- <gain>

例 : E1 2 3 4 5 2.5

引数 説明

Exxx : 制御電圧源の名前

n+ n- : 正、負の電圧源ノード

nc+ nc- : 正、負の制御電圧ノード

gain : 電圧利得

4.5.2.2 電圧制御電流源

この素子は線形電圧制御電流源を定義します。

書式 :

Gxxx n+ n- nc+ nc- <gain>

例 :

G1 2 3 4 5 10

引数 説明

Gxxx : 制御電流源の名前

n+ n- : 電流源のノード 正電流は N1 から N2 へ流れます。

nc+ nc- : 正、負の制御電圧ノード

gain : 相互コンダクタンス 単位は moh です。

4.5.2.3 電流制御電圧源

この素子は線形電流制御電圧源を定義します。

書式 :

Hxxx n+ n- <Vnam> <transresistance>

例 :

H1 4 0 Vload 200

引数 説明

Hxxx : 制御電圧源の名前

n+ n- : 正、負の電圧源ノード

Vnam : 制御電流を介した電圧源の名前

transresistance : 相互抵抗 単位は Ω です。

4.5.2.4 電流制御電流源

この素子は線形電流制御電流源を定義します。

書式 :

Fxxx n+ n- <Vnam> <gain>

例 :

F1 3 4 Vsense 0.2

| | |
|---------|-------------------------------------------------------|
| 引数 | 説明 |
| Fxxx : | 制御電流源の名前 |
| n+ n- : | 電流源のノード。正電流が N1 から N2 へ流れます。 |
| Vnam : | 制御電流の流れる電圧源の名前です。制御電流は正のノードから電源を通して Vnam の負のノードへ流れます。 |
| gain : | 電流ゲイン |

4.5.3 非線形従属電源(Behavioral Sources)

非線形従属電源は数式計算結果による電圧電流源としてこの章で説明します。

書式 :

BVxxx n001 n002 V=<expression>

Blxxx n001 n002 I=<expression>

例 :

BV1 1 0 V= 100*sin(V(1))

Bl2 2 3 I= (V(1)<-1.0, -1.0, 1.0)

引数 **説明**

BVxxx, Blxxx : 電圧もしくは電流源の名前

n001 n002 : 正、負の電圧源ノード。電流源の場合正電流は N1 から N2 へ流れます。

expression : 電圧もしくは電流源出力値で決まる数式

次の数学関数が非線形従属電源の数式表現として使用できます。

- ・ノード電圧、 例えば V(n001)
- ・ノード電位差、例えば V(n001, n002)
- ・回路素子電流 例えば I(S1) はスイッチ S1 を流れる電流、または Ib (Q1) は Q1 のベース電流です。
- ・3.3.14.PARAM のリストにある標準演算子
- ・3.3.14.PARAM のリストにある数式関数
- ・特別な変数キーワード : time、temp、pi (3.14159265358979323846)

4.5.4 特殊な関数

この章では、次のアクティブな要素について説明します。

表 17 特殊素子内容一覧

| SPICE 素子 | PSIM 素子 |
|----------|---------|
|----------|---------|

| | |
|---------|-------------------------------------|
| AND | AND ゲート、AND ゲート (3 入力)、NAND ゲート |
| OR | OR ゲート、OR ゲート (3 入力)、NOR ゲート |
| XOR | XOR ゲート |
| INV,BUF | NOT ゲート |
| SRFLOP | セットリセットフリップフロップ |
| DFLOP | D フリップフロップ、 セットリセット付き D フリップフロップ |

書式 :

Axxx n001 n002 n003 n004 n005 n006 n007 n008 <model> [instance parameters]

例 :

A_AND1 1 2 0 0 0 0 3 0 AND

A_NOT1 18 0 0 0 0 19 0 0 BUF

引数**説明**

Axxx

特殊関数の名前

n001, n002, ... n005 入力ノード、使用しない場合は 0 に設定

n006 正の出力ノード

n007 相補的な出力ノード

n008 デバイス共通ノード

model モデル名 : INV, BUF, AND, OR, XOR, SRFLOP, DFLOP, ...

出力特性は、以下のインスタンスパラメータで設定されます。

表 17 出力特性パラメータ内容一覧

| 名前 | パラメータ | デフォルト値 |
|-------|---------------|--------|
| Vhigh | ロジック High レベル | 1 |
| Vlow | ロジック Low レベル | 0 |
| Trise | 立上り時間 | 0 |
| Tfall | 立下り時間 | Trise |
| Tau | RC 時定数の出力 | 0 |

| | | |
|-------|--------------------------|------|
| Cout | 容量出力 | 0 |
| Rout | インピーダンス出力 | 1 |
| Rhigh | ロジック High レベル インピーダンス | Rout |
| Rlow | ロジック Low レベル インピーダンス | Rout |

5 参考文献

- [1] *Help >> Help Topics* in the LTspice XVII software
- [2] *SPICE: User's Guide and Reference* by Michael B. Steer, July, 2007
- [3] *SPICE3f5 Manual (HTML)* (<http://bwrcs.eecs.berkeley.edu/Classes/lcBook/SPICE/>) by T. Quarles, D. Pederson, R. Newton, A. Sangiovanni-Vincentelli, and Christopher Wayne

ご注意

1. 本資料に記載された製品の仕様は、予告なく変更することがあります。
2. 本資料の内容については、万全を期しておりますが、万一ご不明な点などがありましたら、弊社までお申しつけください。
3. 本資料に記載された情報に起因する損害または特許権その他権利の侵害に関しては、弊社は一切の責任を負いません。
4. 本資料によって第三者または弊社の特許権その他権利の実施権を許諾するものではありません。
5. 弊社の書面許諾なく、本資料の一部または全部を無断で複製することを固くお断りします。
6. 本資料に記載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。

Copyright 2021 by Myway Corporation

All rights reserved. No part of this manual may be photocopied or reproduced in any form or by any means without the written permission of Myway Corporation.