



Version 11.1

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 11.1

March 2018

© 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
2	PSIM-SPICE インターフェース	10
2.1	概要	10
2.2	SPICE モデルライブラリ	10
2.2.1	SPICELib	10
2.2.2	Directives .LIB and .INCLUDE	10
2.2.3	SPICE モデルのパス設定	10
2.2.4	LTspice 実行のためのパス設定	11
2.2.5	ライブラリにある SPICE モデルの検索	11
2.2.6	ネットリスト構文チェック	12
2.3	SPICE シミュレーション制御ダイアログ	12
2.3.1	過渡解析	12
2.3.2	AC 解析	13
2.3.3	DC 解析	14
2.3.4	ステップ実行オプション（LTspice でのみ使用可能）	15
2.3.5	他の解析オプション	15
2.4	SPICE シミュレーション用 PSIM 素子	16
2.4.1	マルチレベルの素子	17
2.4.2	SPICE 指令ブロック	18
2.4.3	SPICE サブサーキットネットリストブロック	19
2.5	SPICE ネットリストから PSIM 素子を生成する	20
3	SPICE 解析タイプとオプション	26
3.1	概要	26
3.2	収束	26
3.3	SPICE の解析タイプ	26
3.3.1	.AC	26

3.3.2	.DC	26
3.3.3	.END	27
3.3.4	.ENDS	27
3.3.5	.FOUR	27
3.3.6	.FUNC	27
3.3.7	.GLOBAL	27
3.3.8	.IC	28
3.3.9	.INCLUDE	28
3.3.10	.LIB	28
3.3.11	.MODEL	28
3.3.12	.NODESET	29
3.3.13	.NOISE	30
3.3.14	.OP	30
3.3.15	.OPTIONS	30
3.3.16	.PARAM	31
3.3.17	.SAVE	33
3.3.18	.STEP	33
3.3.19	.SUBCKT	33
3.3.20	.TRAN	34
4	SPICE 要素とデバイスモデル	35
4.1	概要	35
4.2	受動素子	35
4.2.1	抵抗	35
4.2.2	コンデンサ	35
4.2.3	インダクタ (Inductor)	36
4.2.4	結合インダクタ (Coupled Inductor)	36
4.3	伝送線路	36
4.3.1	無損失伝送線路	37

4.3.2	損失伝送線路(Lossy ransmission Line)	37
4.3.3	均一分布 RC 線路	37
4.4	能動素子(Active Elements)	38
4.4.1	電圧制御スイッチ	38
4.4.2	電流制御スイッチ	38
4.4.3	制御スイッチモデル	39
4.4.4	ダイオード	40
4.4.5	バイポーラ接合トランジスタ(BJT)	40
4.4.6	MOSFET	40
4.4.7	接合型電解効果トランジスタ(JFET)	41
4.4.8	MESFET	42
4.5	電源	42
4.5.1	独立電圧電流源	43
4.5.1.1	パルス波	44
4.5.1.2	正弦波	44
4.5.1.3	指数	45
4.5.1.4	区分線形波	45
4.5.1.5	単一周波数の周波数変調	46
4.5.1.6	振幅変調電源	46
4.5.1.7	過渡ノイズ源	46
4.5.1.8	ランダム電源	47
4.5.2	線形従属電源	48
4.5.2.1	電圧制御電圧源	48
4.5.2.2	電圧制御電流源	48
4.5.2.3	電流制御電圧源	48
4.5.2.4	電流制御電流源	49
4.5.3	非線形従属電源(Behavioral Sources)	49
5	参考文献	50

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。SPICE シミュレーションと解析のために PSIM のグラフィック・ユーザーインターフェースを利用した利便性のよいものとなっています。

SPICE モジュールは Cool CAD Electronics,LLC.の CoolSPICE¹ によって提供されています。CoolSpice のエンジンではミックスドレベル、ミックスドシグナルの SPICE 回路シミュレーションが可能です。CoolSPICE の SPICE エンジンは NGSPICE に準拠しています。[1]

SPICE モジュールは PSIM の回路図を取り込み、ネットリストへ変換でき SPICE シミュレーションを実行することができます。PSIM で回路図を作成し“SPICE シミュレーション実行”をクリックすれば SPICE シミュレーションを実行することができます。標準的な SPICE もしくは NGSPICE の形式のネットリストであれば他の SPICE ソフトウェアから読み込むオプションもあります。

SPICE モジュールとしては次の機能があります。

- ・標準 SPICE と NGSPICE のモデルと解析のサポート
- ・PSIM 環境で作成した PSIM の回路図での LTspice シミュレーションのサポート[2]
- ・ミックスドモードビヘイビアモデリング
- ・他の SPICE のデバイスデータベースで構成されたモデルの適応
- ・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。

SPICE シミュレーションの実行

SPICE 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 SPICE シミュレーション実行のボタンをクリックすることで実行できます。PSIM のシミュレーションと同様にメッセージは PSIM のメッセージウィンドウに、シミュレーション結果は SimView ウィンドウに表示されます。

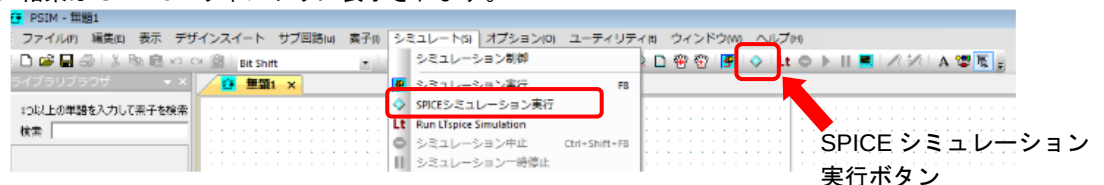


図 1- 1 SPICE シミュレーション実行画面

1. CoolSPICE is copyright by CoolCAD Electronics, LLC., 2011-2018

2. LTspice is copyright by Linear Technology Co., 1998-2018

LTspice 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場合にはまず LTspice をインストールします。メニューバーの**オプション>>パス設定**の LTspice executable file path の Window に .exe ファイルを設定して保存し閉じて下さい。実行は次図のメニューから、もしくはメニューバーの LTspice シミュレーションのボタンで実行します。

LTspice シミュレーションは LTspice エンジン内で実行されます。LTspice で生成された .log ファイルの内容は PSIM のメッセージウィンドウで表示されます。PSIM 上では LTspice のシミュレーション中のステータスや進捗は表示されません。

シミュレーション終了後に PSIM のメッセージウィンドウがリフレッシュされ、log ファイルの内容が表示されます。結果の .raw ファイルも SimView で PSIM シミュレーションの結果と同様に表示されます。

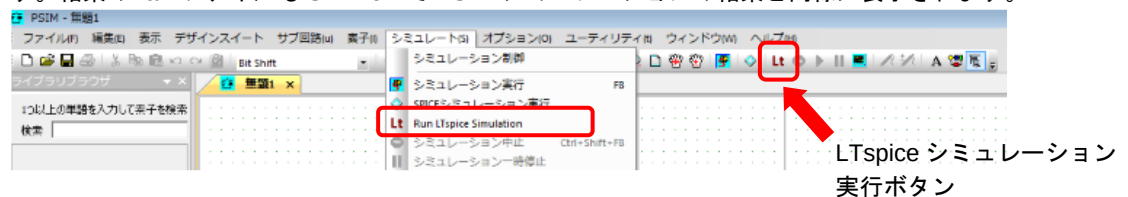


図 1-2 LTSPICE シミュレーション実行画面

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。

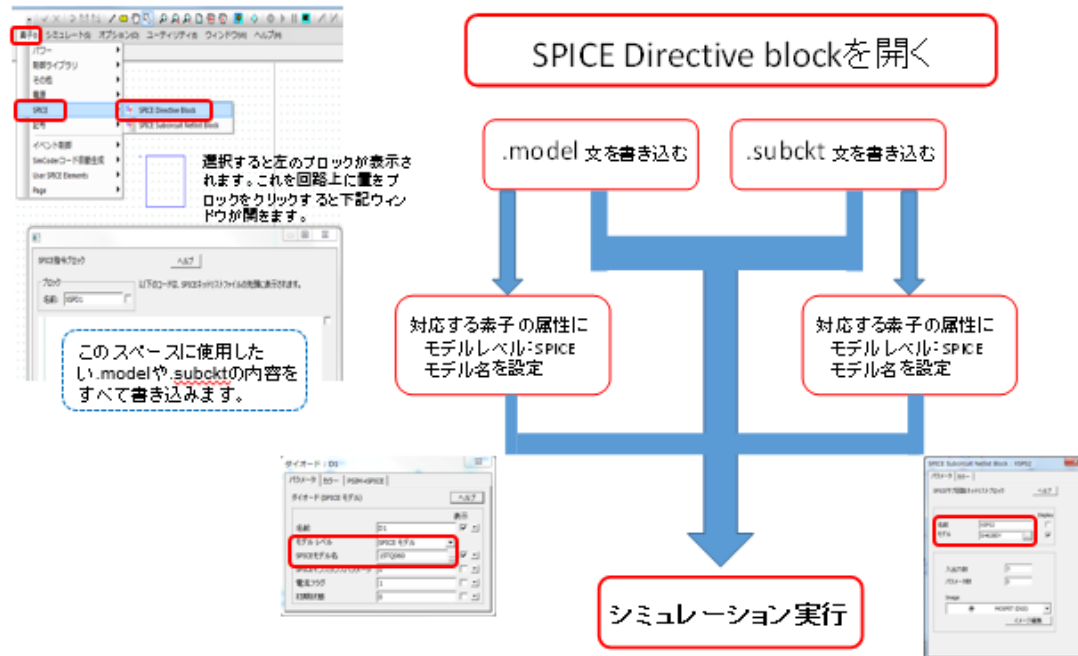
PSIMにおけるSPICEライブラリファイル定義手法一覧

	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</u> Netlist block	×	○
4	New SPICE Element	×	○

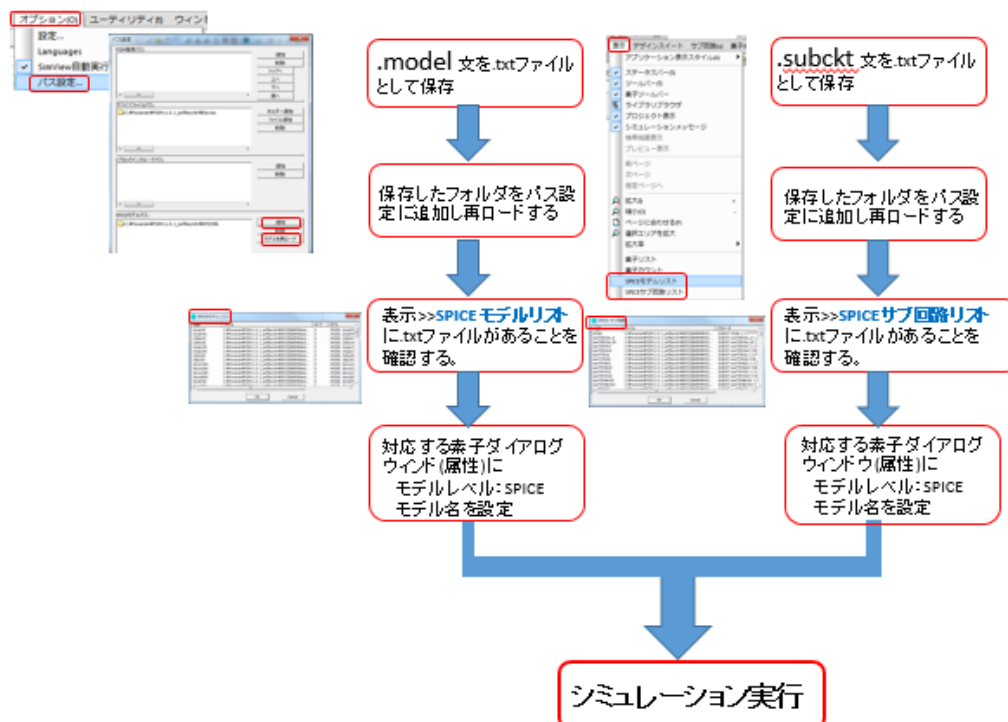
各々の手法に対するファイル作成の手順を簡単に示します。詳細につきましては2章以降を参照してください。

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



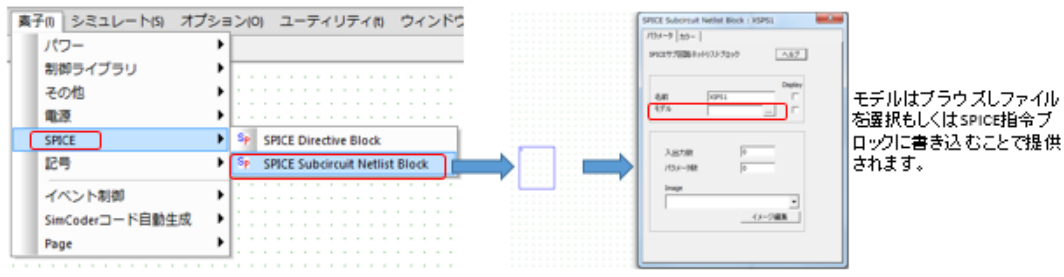
3. SPICE Subcircuit Netlist blockを使用する場合の手順

.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。



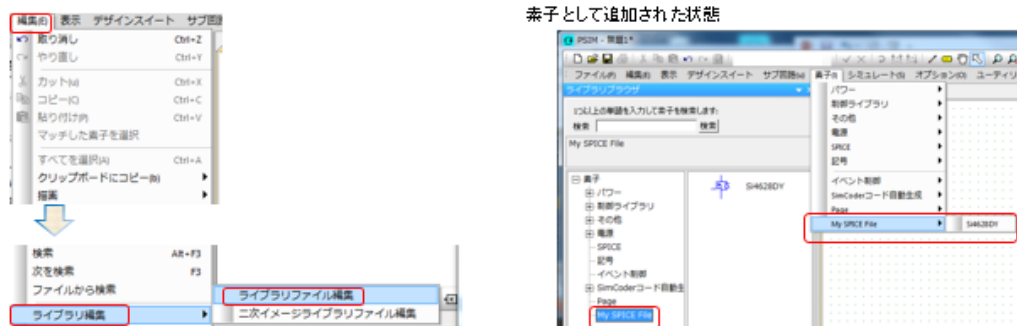
4. New SPICE Elementを使用する場合の手順(.subcircuitのみ)

.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

2.1 概要

PSIM の SPICE モジュールでは PSIM 回路図のキャプチャ、SPICE ネットリストへの変換、SPICE シミュレーションの実行ができます。PSIM で回路図を作成し” SPICE シミュレーション実行”のボタンをクリックすることで実行できます。

2.2 SPICE モデルライブラリ

SPICE モジュールは PSIM 回路図をキャプチャし SPICE シミュレーションを実行します。SPICE ネットリストの形式で PSIM 環境にモデルを統合できるので大変便利です。

2.2.1 SPICELib

PSIM の SPICE モジュールでは各メーカーの SPICE ネットリストの形式のデバイスモデルを用意しています。モデルは PSIM が展開されているフォルダの下のフォルダ “SPICELib” にあります。

PSIM のメニューバー**表示>>SPICE モデルリスト**からも確認できます。“SPICELib” フォルダにないネットリストはユーザーが追加することもできます。

2.2.2 Directives .LIB and .INCLUDE

SPICE モデルのネットリストやサブサーキットを使用する別の方法として PSIM 回路図上に SPICE Directive Block で “.lib”や “.include” を書き込む方法があります。

.lib Path\Filename もしくは .include Path\Filename で書き込みます。

ファイルの絶対パスを使用してください。

詳細につきましては **2.4.2 SPICE 指令ブロック(SPICE Directive Block)**を参照して下さい。

2.2.3 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。

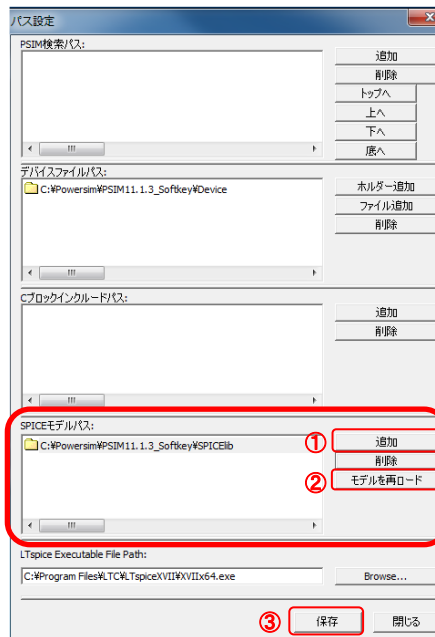


図 2-1 モデルパス設定画面

2.2.4 LTspice 実行のためのパス設定

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。

2.2.5 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。

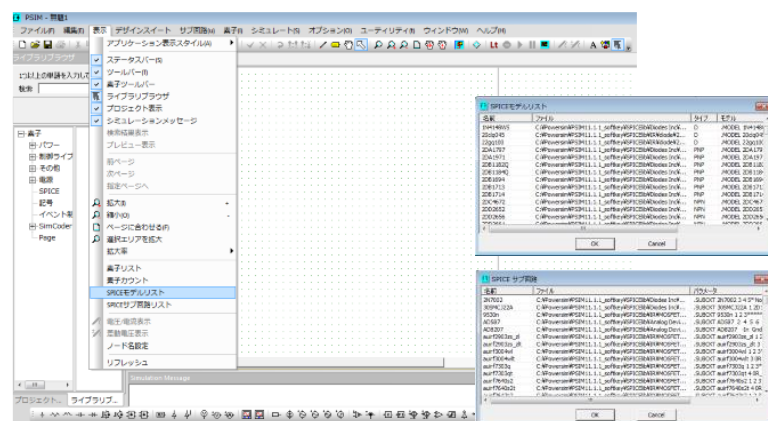


図 2-2 SPICE モデル及びサブ回路リスト表示画面

2.2.6 ネットリスト構文チェック

PSIM の SPICE モジュールは CoolSPICE のエンジンを使用しておりネットリストは NGSPICE の構文を元にしています。PSpice と LTSpice の大部分は網羅していますがすべてではありません。そこで PSIM-SPICE で使用できない他の SPICE ネットリストについてチェックして変換する機能が **ユーティリティ>>SPICE テキスト検査(SPICE Netlist Check)**にあります。

次の図のようにユーザーがネットリストファイルをロードし元のフォーマット(LTSpice か PSpice)を選択し”Check”ボタンをクリックします。元のネットリストは画面左側に変換され PSIM-SPICE モジュールで使用できるようになったネットリストは画面右側に表示されます。

- ・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。

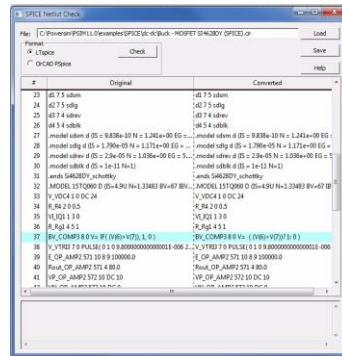


図 2-3 ネットリスト構文チェック画面

2.3 SPICE シミュレーション制御ダイアログ

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。

“2.4.2 SPICE 指令ブロック(SPICE Directive Block)”に詳細説明がありますので参照してください。

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。

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。

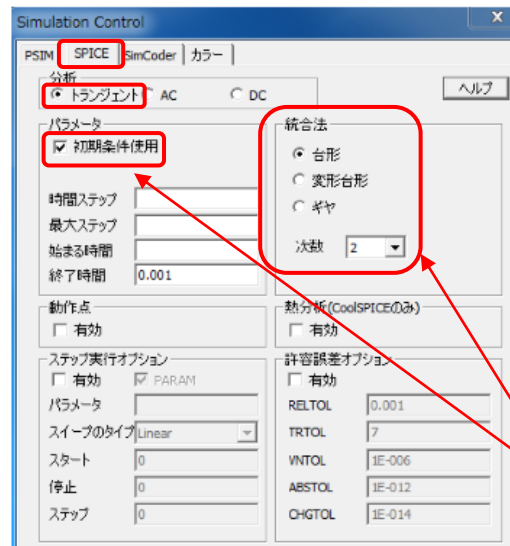
最大ステップ：SPICE で使用する最大のステップサイズで単位は秒です。
デフォルトとしてはプログラムでは tstep(時間ステップ)か
(tend-tstart)/50((開始時間－終了時間)/50)のうち小さい方の値が選択されます。

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

次数 : あります。注) この設定は AC 及び DC 解析へも影響します。
 数値積分法の次数です。台形法の場合は 1 か 2、ギヤ法の場合は 2 から 6 を設定できます。



注) この設定は AC 及び DC 解析にも影響します。

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, Lineart 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。

もし他の解析オプションを使用したい場合は SPICE 指令ブロックを使用して解析コマンドを書いてください。“SPICE シミュレーション実行”で直接実行する前にコマンドライン “AC dec...”を削除した SPICE ネットリストの作成が必要です。

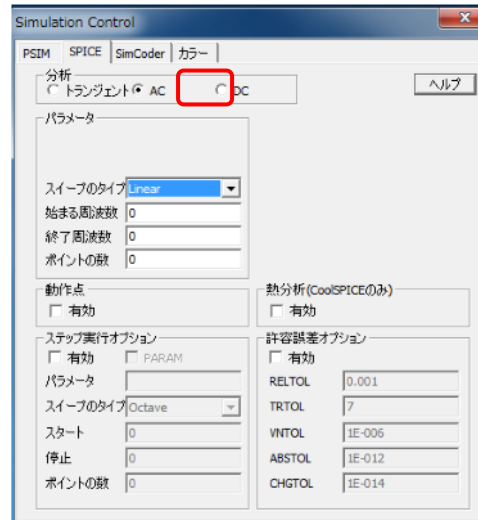


図 2-5 AC 解析パラメータ設定画面

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 スイープ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 スイープソースとしては電圧、電流、温度を設定できます。

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。

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。

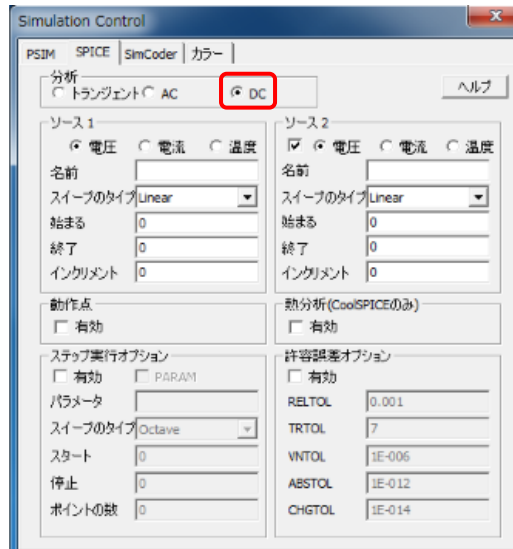


図 2-6 DC 解析パラメータ設定画面

2.3.4 ステップ実行オプション (LTspice でのみ使用可能)

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。この機能は PSIM 現バージョンの CoolSPICE には搭載されていません。LTspice のネットリスト生成で利用可能です。

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, Lineart 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。

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

他の解析オプションとしては次のオプションがあります。

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。

熱解析 (CoolSpice のみ)： 有効にすると SPICE シミュレーションはデバイスモデルの熱効果により熱解析が実行されます。CoolSPICE の SiC と GaN のすべてのモデルで熱解析が可能です。熱解析により SiC/GaN の追加ノードでデバイスの接合温度を℃で表示します。

注)CoolSpice シミュレーションでしか使用できないことにご注意ください。

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。

REL TOL： 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

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。

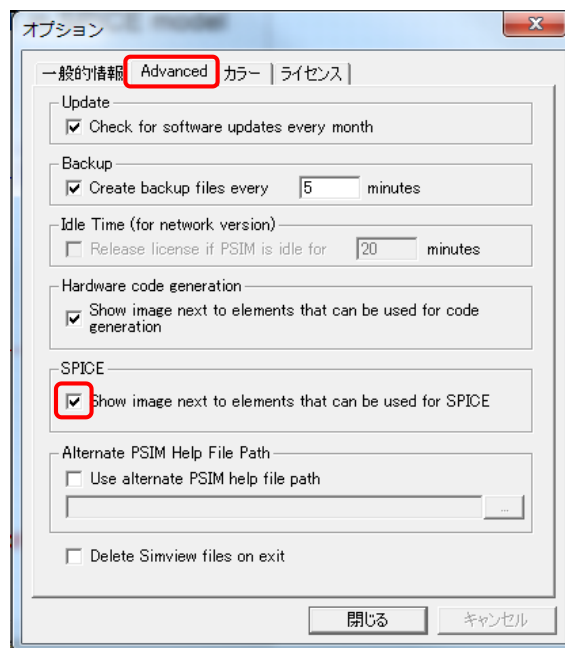


図 2-7 SPICE 対応素子表示のためのチェックボックス

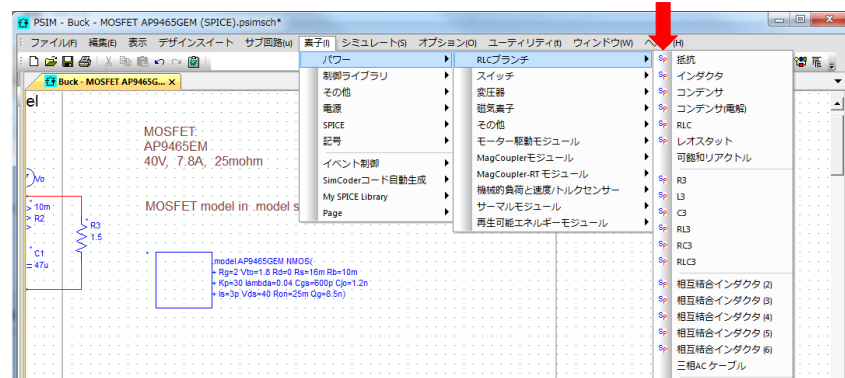


図 2-8 SPICE 対応素子表示画面

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。

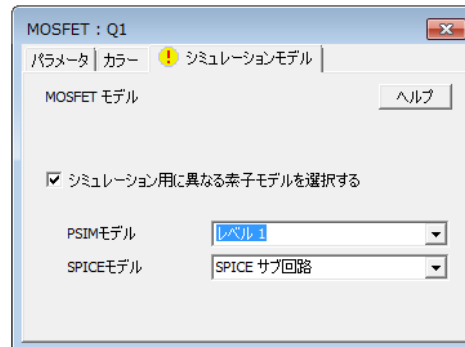


図 2-9 素子モデル選択画面

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。

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。

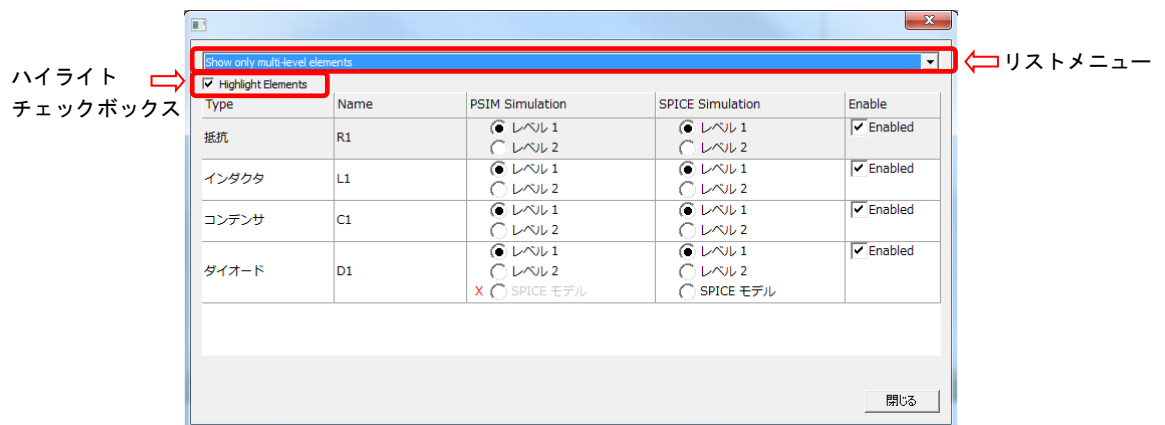


図 2-10 Check Multi-Level Elements のウィンドウ

2.4.2 SPICE 指令ブロック

PSIM 回路図入力のみですべての SPICE 素子と制御に対応することはできません。

そこで PSIM の SPICE モジュールでは SPICE のコマンド、オプション、モデル、サブサーキットネットワークリスト、パラメータの仕様と PSIM の回路図入力によって移植できない他の指令文を “SPICE Directive Block” で書けるようになっています。このブロックはメニューバーの “素子>>SPICE>>SPICE 指令ブロック” にあります。PSIM の回路図中には 1 つの SPICE 指令ブロックし

か置けないためすべての SPICE 指令をまとめて 1 つのブロックとして下さい。この SPICE 指令ブロックの内容は PSIM 回路図上のネットリストの先頭に表示されます。

このブロックに書く構文は NGSpice のネットリスト形式に則ったものでなければなりません。シミュレーションを実行する前に PSIM-SPICE で生成したネットリストの構文エラーチェックを必ず行ってください。

SPICE 指令ブロックに含まれている SPICE ネットリストの例が次になります。

```
.model AP9465GEM NMOS(
+ Rg=2 Vto=1.8 Rd=0 Rs=16m Rb=10m
+ Kp=30 lambda=0.04 Cgs=600p Cjo=1.2n
+ Is=3p Vds=40 Ron=25m Qg=8.5n)
```

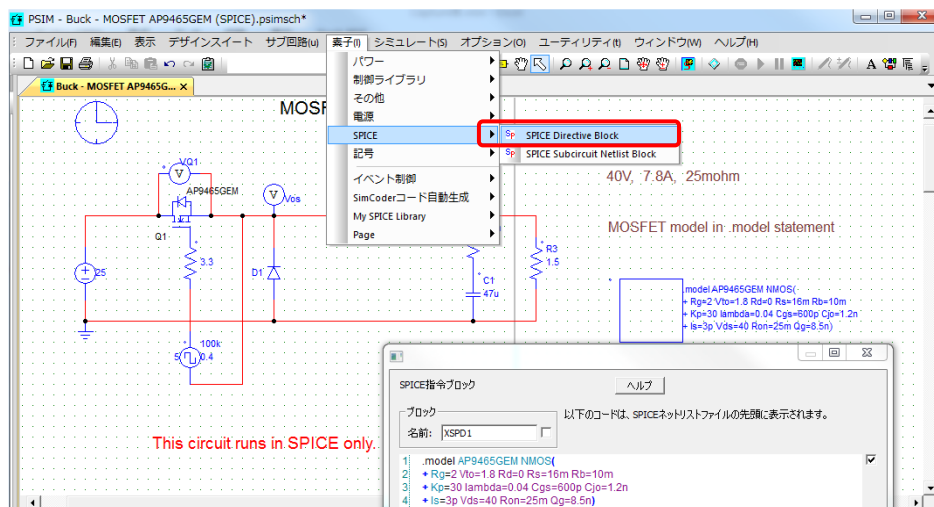


図 2-11 SPICE Directive Block 選択及び表示画面

2.4.3 SPICE サブサーキット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ズするか 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
... ..
```

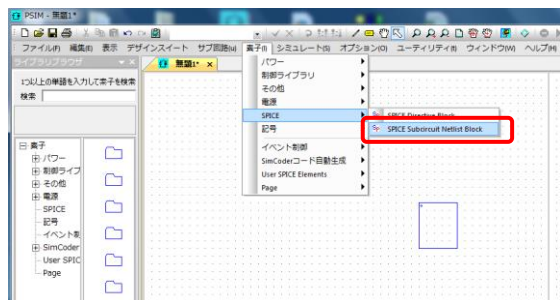


図 2-12 SPICE Subcircuit Netlist Block 選択画面

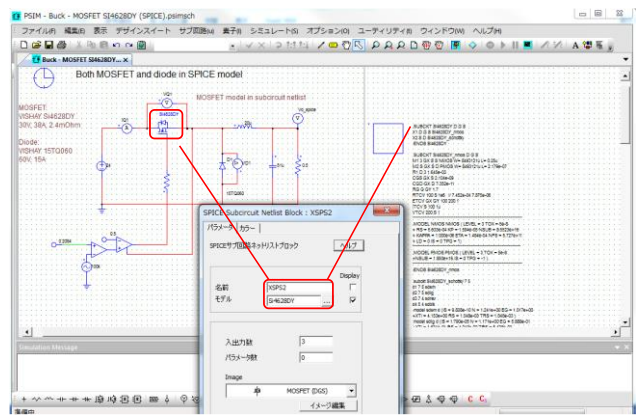


図 2-2 SPICE Sub circuit Netlist Block 設定画面

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存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。

・ **2.2.3 SPICE モデルのパス設定**で説明しました PSIM の SPICE パス設定でフォルダ

"C:\¥PSIM_SPICE Tutrial¥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。(図 2-3 を参照してください)
- ・ 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。

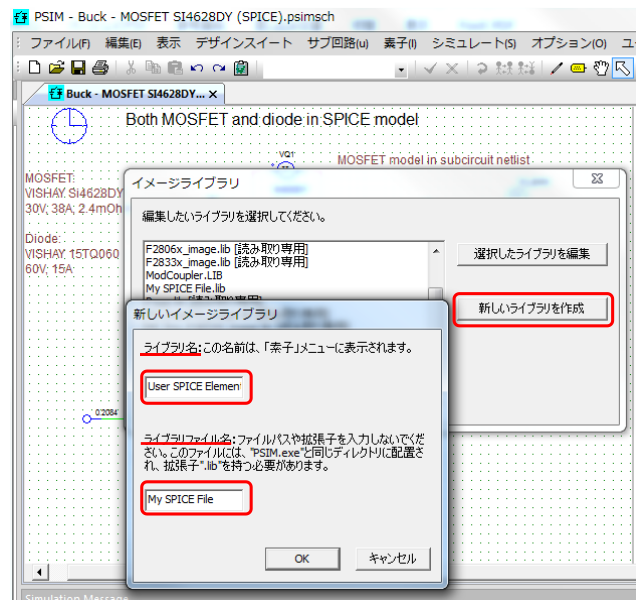


図 2-3 新しいライブラリ作成の入力画面

- ・ 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。

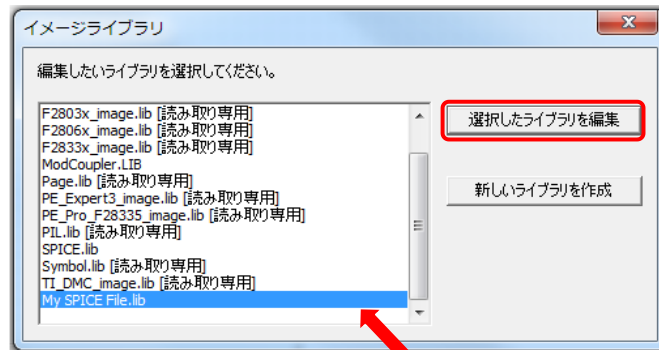


図 2-4 ライブラリ選択画面

- ・ 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。

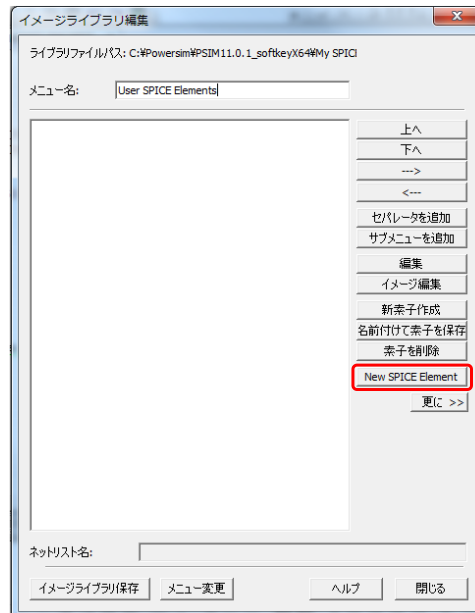


図 2-16 イメージライブラリ編集画面

“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。

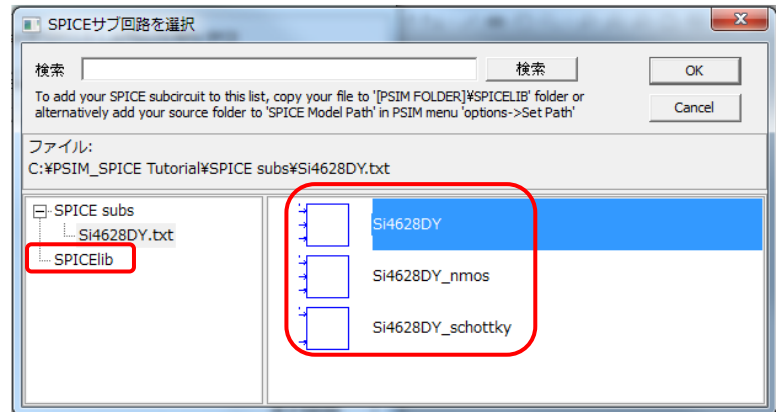


図 2-17 SPICE サブ回路選択画面

- ・ “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。

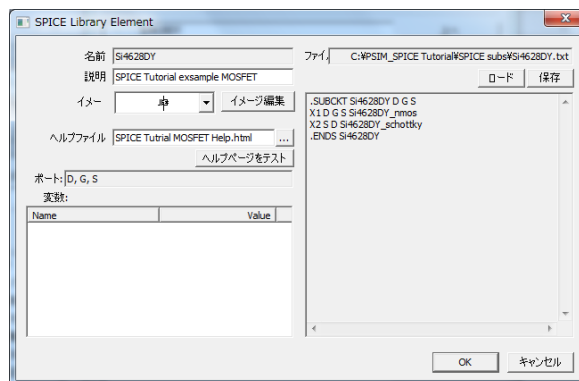


図 2-18 SPICE ライブラリ素子の入力例画面

- ・ 説明にはオプションの簡単な説明として “SPICE Tutorial exsample 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。
- ・ 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。

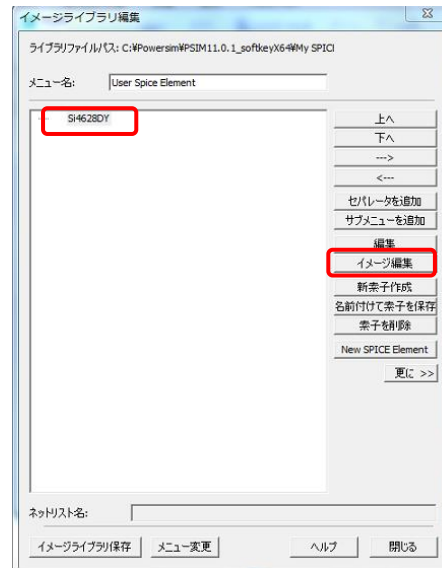


図 2-19 イメージライブラリ編集画面

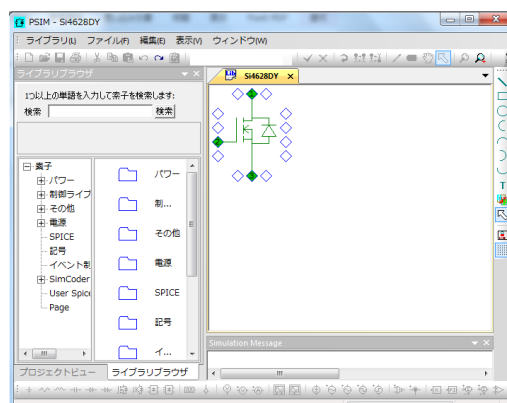


図 2-20 素子イメージ編集画面（例：MOSFET）



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

CoolSPICE の Spice エンジンは NGSPICE がベースとなっています。PSIM は回路図をキャプチャしオンラインに掲載されている豊富なドキュメントをもつ標準の SPICE 構文でネットリストを生成します。回路図はこのマニュアルに書かれている個々の解析タイプに対しネットリストを生成します。第2章で書いているようにこれらのコマンドは直接ネットリストへ追加解析を行い実行します。この章では SPICE の解析タイプ、コマンド、オプションについて説明します。

3.2 収束

SPICE エンジンは反復により回路評価を実行しますが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

NGSPICE 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次にあるような SPICE モジュールによって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。

サポート内容は以下となります。

- ・ DC 解析（動作点と DC スイープ）
- ・ AC 小信号解析
- ・ 過渡解析
- ・ ポールゼロ解析
- ・ 小信号変形解析
- ・ 感度解析
- ・ ノイズ解析

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 dec/oct/lin Nsteps Start_f End_f
```

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

Start_f 開始周波数(Hz)

End_f 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 src_name Vstart Vstop Vstep [src2 Vstart2 .Vstop2 Vstep2]
```

例:

```
.dc Vin 0.25 5.0 0.25
```

```
.dc VDS 0 10 0.5 Vgs 0 5 1
```

パラメータ	説明
src_name	スweepする電源名(電圧もしくは電流源)
Vstart	スweep開始値(V)
Vstop	スweep終了値(V)
Vstep	スweep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 Freq Ov1 <Ov2 OV3 ... >
例:
.FOUR 100K v(5)

キーワード	説明
Freq	基本周波数(Hz)
Ov1, Ov2, ...	解析したい vector(s)

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設定関数の生成が可能です。

書式:
.FUNC Fname(args) { <expression> }
例:
.FUNC icos(x) {cos(x)-1}
.FUNC f(x,y) {x*y}

キーワード	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

キーワード	説明
node1, node2, node3 ...	The nodes defined as global, to be accessible from top level.

3.3.8 .IC

過渡解析のための初期値の設定です。

書式:

.IC V(node1)=val <V(node2)=val I(inductor)=curr ... >

例:

.IC V(in)=2 V(out)=5 V(12)=2.2 I(L4)=300m

キーワード	説明
V(node1)=val,	初期ノード電圧設定
V(node2)=val ...	
I(inductor)=curr	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 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:

.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。このコマンドはネットリストの暗号化されたライブラリでも使用できます。ただしシミュレーションは実行できない場合があります。

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

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 Mname Type (param1=val param2=val ...)

例:

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

キーワード	説明
Mname	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
Param1=val	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
param2=val ...	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 .NODESET

このコマンドは指定したノードを所定の電圧値で保持します。これはSPICEプログラムでDC解析や初期過渡解を探しやすくします。保持された電圧はその後の繰り返しによりリリースされます。

書式:

```
.NODESET V(node1)=val <V(node2) ... >
.NODESET ALL=val
```

例:

```
.NODESET V(in)=2 V(out)=5 V(12)=2.2 I(L4)=300m
.NODESET ALL=1.5
```

キーワード

V(node1)=val,
V(node2)=val ...
ALL=val

説明

初期ノード電圧設定 (V)

GND 以外のすべてのノードの初期電圧設定 (V)

3.3.13 .NOISE

この関数はノイズスペクトル密度を計算するための周波数ドメイン解析に使用されます。

書式:

.NOISE V(Nout Nref) source dec/lin/oct Nstep Fstart Fend

例:

. NOISE V(5) VIN dec 10 1kHz 100Mhz
. NOISE V(5,3) V1 oct 8 1.0 1.0e6 1

キーワード**説明**

V(Nout Nref)	ノイズの電圧は V(Nout)-V(Nref)となります。 Nout は出力ノード、Nref はデフォルトグランドとなるリファレンスノードです。
source	入力ノイズを参照する独立電源
dec/oct/lin	解析設定、オクターブ、1 桁単位、線形変数
Nstep	開始から終了までの周波数の刻み値
Fstart	開始周波数
Fend	終了周波数

3.3.14 .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

3.3.15 .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 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

3.3.16 .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	優先順	説明
-	-	マイナス
!	1	否定
**	2	べき乗
^	2	べき乗
*	3	乗算
/	3	除算
%	3	除算の剰余
\	3	整数除算
+	4	加算
-	4	減算
==	5	等しい
!=	5	等しくない
<>	5	等しくない
<=	5	以下
>=	5	以上
<	5	未満
>	5	より大きい

&&	6	論理演算子 AND
&	6	論理演算子 AND
	7	論理演算子 OR
C?X : Y	8	三項演算 if c=true, x; else y
If(c,x,y)	8	三項演算 if c=true, x; else y

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
sqr(x)	$y=x*x$
sqrt(x)	$y=\text{sqrt}(x)$
sin(x), cos(x), tan(x)	
asin(x), acos(x), atan(x)	
sinh(x), cosh(x), tanh(x)	
asinh(x), acosh(x), atanh(x)	
arctan(x)	
exp(x)	
ln(x), log(x)	ln(x)は認識されないため log(x)を使用してください。
abs(x)	
nint(x)	四捨五入
int(x)	小数点は切り捨て
floor(x)	最も近い整数へ切り下げ
ceil(x)	最も近い整数へ切り上げ
pow(x, y)	$x**y$ か x^y と同じ
pwr(x, y)	$\text{power}(\text{fabs}(x), y)$
min(x, y)	
max(x, y)	
sgn(x)	1.0 for $x > 0$; 0 for $x=0$, -1 for $x < 0$

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

3.3.17 .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)
```

3.3.18 .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:

```
.PARAM Param_name=0
.STEP Param_name Vstart Vend Vstep
```

例:

```
.PARAM Rswp=0
.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

3.3.19 .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

param2=val

シヨンのために回路で使われる値。省略された場合はサブ

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。

3.3.20 .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 <Tmax> > <UIC>
```

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。

Tmax

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。

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 6 PSIM 受動素子一覧

SPICE 素子	PSIM 回路素子
抵抗	抵抗 (レベル 1)
インダクタ	インダクタ (レベル 1)
コンデンサ	コンデンサ (レベル 1)、コンデンサ (電解)
結合インダクタ	結合インダクタ (2)

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 :

Rname N1 N2 Rvalue

例 :

R1 1 2 25

R2 3 4 10k

引数

説明

Rname : 回路中の抵抗名

N1 : 正側のノード

N2 : 負側のノード

Rvalue : 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 :

Cname N1 N2 Cvalue <IC=値>

例 :

C1 1 2 1u

C2 3 4 10u IC=4V

引数	説明
Cname :	回路中の容量素子名
N1 :	正側のノード
N2 :	負側のノード
Cvalue :	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 :
 Lname N1 N2 Lvalue <IC=値>
例 :
 L1 1 2 1m
 L2 3 4 5m IC=2

引数	説明
Lname :	回路中のインダクタ名
N1 :	正側のノード
N2 :	負側のノード
Lvalue :	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 :
 Kname Lname1 Lname2 Coupling_value
例 :
 K1 L1 L2 0.9

引数	説明
Kname :	結合インダクタ名
Lname1 :	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
Coupling_value :	カップリング係数、0 以上 1 以下でなければなりません。

4.3 伝送線路

ここでは次の伝送線路について説明します。

無損失伝送線路
 損失伝送線路
 均一分布 RC 線路

これらの伝送線路は 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 :
Tname N1 N2 N3 N4 Z0=value <TD=value> <F=value> <NL=value> <IC=V1, I1,
V2, I2>

例 :
T1 1 0 2 0 Z0=50 TD=5ns

引数	説明
Tname :	無損失伝送線路の名前
N1,N2 :	port1 のノード
N3,N4 :	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)
<F=value> :	任意設定。波長計算をする周波数 単位はヘルツ(Hz)
<NL=value> :	任意設定。上記 F で与えられた周波数での線路の波長 に対して規格化された電氣的線長
<IC=V1,I1,V2,I2> :	任意設定。各伝送線路のポートの電圧と電流の初期条件 単位はアンペア (A)

4.3.2 損失伝送線路(Lossy ransmission Line)

この素子はポート 1 とポート 2 の損失伝送線路です。

書式 :
Oname N1 N2 N3 N4 model_name

例 :
O12 3 5 4 5 Model_Lossy

引数	説明
Oname :	損失伝送線路
N1,N2 :	Port1 のノード
N3,N4 :	Port2 のノード
model_name :	損失伝送線路のモデル名。 モデルの説明はこのマニュアル最後の参考文献にあります。

4.3.3 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 :
Uname N1 N2 N3 model_name l=len <n=lumps>

例 :
U1 1 2 3 Model_UniRC

引数	説明
Uname :	均一分布 RC 線路の名前
N1,N2 :	RC 線路へ接続するノード
N3 :	コンデンサへ接続するノード
model_name :	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

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 7 PSIM 能動素子一覧

SPICE 素子	PSIM 回路素子	PSIM Model Level
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	SPICE model
BJT	npnTransistor(model), pnpTransistor(model)	SPICE model
MOSFET	MOSFET(modedl),p-MOSFET(model)	SPICE 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 2.8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 :
Sname N1 N2 NC1 NC2 model_name <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
NC1, NC2 :	制御電圧の正、負の端子
model_name :	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 :
Wname N1 N2 Vname model_name <ON/OFF>
例 :
W1 1 2 3 4 Wmod 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
Vname	: 制御電流の流れる電圧源
Model_name	: 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 Switch1 off
```

```
W1 20 21 Vm3 Wswitch1 off
```

```
.model Switch1 sw vt=1 vh=0.2 ron=1m roff=10meg ;電圧制御スイッチ S1 のモデル
```

```
.model Wswitch1 csw it=1m ih=0.2m ron=0.01 roff=10meg ;電流制御スイッチ W1 の
```

表 8 制御スイッチモデルパラメーター一覧

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 :

Dname N1 N2 model_name <area=value> <ON/OFF>

例 :

D1 1 2 Dmod

引数**説明**

Dname : ダイオードの名前

N1 : 正側 (アノード) のノード

N2 : 負側 (カソード) のノード

Model_name : 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

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)

この素子はジャンクショントランジスタの npn もしくは pnp どちらかを定義します。

書式 :

Qname NC NB NE <NS> model_name <area=value> <OFF>

例 :

Q1 1 2 3 Qmod

引数**説明**

Qname : 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_name : トランジスタのモデル名

<area=value> : 任意設定。エリアファクタ。デフォルト値は 1

<ON/OFF> : 任意設定。DC 動作点解析用デバイスの初期状態

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 :

Mname ND NG NS NB model_name <instance parameters>

例 :

M1 1 2 3 0 MmodL=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_name :	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 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 :

Jname ND NG NS model_name <area> <OFF>

例 :

J1 1 2 3 0 Jmod off

引数	説明
Jname :	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_name :	JFET モデル名
<area> :	任意設定。JFET のエリアファクタ
<OFF> :	任意設定。DC 動作点解析の初期状態
<インスタンスパラメータ> :	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=Pval1, param2=pval2...)

.model model_name PJF(param1=pval1=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 :

Zname ND NG NS model_name <OFF>

例 :

Z1 1 2 3 Zmod

引数	説明
Zname	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_name	MEFET モデル名
<OFF>	任意設定。DC 動作点解析の初期条件
<insutance parameter>	任意設定。MEFET 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 9 SPICE 素子の PSIM 回路素子対応一覧

SPICE 素子	PSIM 回路素子
独立電源： 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	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 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 ランダム電圧源電流源
線形電源： 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	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
非線形電源： 非線形電源 非線形電圧源 非線形電流源	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。 パワーと数学表示の電圧源、多項及び多項(1)電流源

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：

Vname N1 N2 <DC DC_TRvalue> <AC ACamplitude ACphase> <other options>
 Iname N1 N2 <DC DC_TRvalue> <AC ACamplitude ACphase> <other options>

例：

Vcc 10 0 DC 12
 Vin 1 2 AC 110 120

引数

説明

Vname : 電圧電流源の名前
 N1 : 正側電圧源のノード
 N2 : 負側電圧源のノード

<DC DC_TRvalue> : 電源の DC 値のためのオプションキーワード DC_TR 値は
 V における DC と過渡解析のための DC 電圧値

<AC ACamplitude ACphase> : 電源の AC 値のためのオプションキーワード AC 振幅は
 単位 V で AC 解析のみに使われる電源の AC ピーク振幅
 です。AC 位相は単位 degrees で AC 解析のみに使われる

電源の AC 位相です。

<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。

- －パルス
- －指数
- －正弦波
- －区分線形
- －単一周波数の周波数変調
- －振幅変調 (AM)
- －過渡ノイズ
- －ランダム and
- －外部データ (NGSPICE 共有ライブラリのみ)

もし電圧源が PSIM 要素表現にはないオプションの場合は 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 回路の電圧源を定義したサブサーキットブロックを使用しないとなります。

4.5.1.1 パルス波

書式 :

PULSE(V1 V2 TD TR TF PW PER)

例 :

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

表 10 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	---	VorA
V2	パルス値	---	VorA
TD	遅延時間	0.0	秒
TR	立上がり時間	TSTEP	秒
TF	立下がり時間	TSTEP	秒
PW	パルス幅	TSTEP	秒
PER	周期	TSTEP	秒

4.5.1.2 正弦波

書式 :

SIN(V0 VA FREQ TD THETA PHASE)

例 :

Vin 3 0 SIN(0 110 60 0 120)

表 11 正弦波書式内容一覧

名前	パラメータ	デフォルト値	単位
VO	オフセット	---	VorA
VA	振幅	---	VorA
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
PHASE	初期位相	0.0	°

4.5.1.3 指数

書式：

EXP(V1 V2 TD1 TAU1 TD2 TAU2)

例：

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

表 12 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	---	VorA
V2	パルス値	---	VorA
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

4.5.1.4 区分線形波

書式：

PWL(T1 V1 <T2 V2 T3 V3...>) <r=value> <td=value>

例：

Vosc 3 0 PWL(0 -1 10u -1 1 1u 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。

r 値が与えられなかった場合、値(Ti,Vi) の全体のシーケンスが一度発生し 出力値は最終値となります。

r 値が与えられた場合、r 値は 0 か Ti のどれかの時間でなければなりません。

r=0 の場合、time=0 から time=Tn までの全シーケンスが永遠に繰り返されます。

r=Ti の場合、time=Ti と time=Tn 間のシーケンスが永遠に繰り返されます。

td 値が与えられた場合、全体の PWL シーケンスは time=td 秒遅れで表示されます。

4.5.1.5 単一周波数の周波数変調

書式：

SFFM(VO VA FC MDI FS)

例：

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

表 13 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
VO	オフセット	---	V or A
VA	振幅	---	V or A
FC	キャリア周波数	1/TSTOP	Hz
MDI	変調指数	---	
FS	信号周波数	1/TSTOP	Hz

td 値が与えられた場合 全体の PWL シーケンスは time=td 秒遅れで表示されます。

4.5.1.6 振幅変調電源

書式：

AM(VA VO MF FC TD)

例：

V1 5 0 AM(0.5 1 20K 5MEG 1m)

表 14 振幅変調電源設定パラメーター一覧

名前	パラメータ	デフォルト値	単位
VA	振幅	---	V,A
VO	オフセット	---	V,A
MF	周波数変調	---	Hz
FC	キャリア周波数	1/TSTOP	Hz
TD	信号遅延	---	秒

4.5.1.7 過渡ノイズ源

書式：

TRNOISE(NA NT NALPHA NAMP RTSAM RTSCAPT RTSEMT)

例：

Vwhitenoise 6 0 DC 0 TRNOISE(20n 0.5n 0 0)

V1 ofnoise 7 0 DC 0 TRNOISE(0 10p 1.1 12p)

表 15 過渡ノイズ電源設定パラメーター一覧

名前	パラメータ	デフォルト値	単位
NA	ガウシアンノイズ ms 電圧振幅	---	VorA
NT	時間ステップ	---	秒
NALPHA	1/f 指数	0<alpha<2	---
NAMP	1/f 振幅	---	VorA
RTSAM	ランダムテレグラム信号 (RTS) の振幅	---	VorA
RTSCAPT	RTS キャプチャ時間	---	秒
RTSEMT	RTS 放出時間	---	秒

4.5.1.8 ランダム電源

書式：

TRRANDOM(TYPE TS <TD> <PARAM1 PARAM2>)

例：

Vrandom 8 0 DC 0 TRRANDOM(2 10m 0 1)

表 16 ランダム電源設定一覧

名前	パラメータ	デフォルト値	単位
TYPE	ランダムな変数の種類	Uniform	
TS	各々の電圧値の持続時間	TSTP	秒
<TD>	ランダムな電圧値が開始する 前の時間遅延	0.0	秒
<PARAM1 PARAM2>	タイプに依存するパラメータ	Range Offset	

ランダム電源の種類に対するパラメータは次の表になります。

表 17 ランダム電源パラメーター一覧

Type	記述	PARAM1	デフォルト値	PARAM2	デフォルト値
1	Uniform	レンジ	1	オフセット	0
2	Gaussian	標準偏差	1	平均	0
3	Exponential	平均	1	オフセット	0
4	Poisson	ラムダ	1	オフセット	0

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 :

Ename N1 N2 NC1 NC2 Gain

例 :

E1 2 3 4 5 2.5

引数	説明
Ename	: 制御電圧源の名前
N1,N2	: 正、負の電圧源ノード
NC1,NC3	: 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 :

Gname N1 N2 NC1 NC2 Gain

例 :

G1 2 3 4 5 10

引数	説明
Gname	: 制御電流源の名前
N1,N2	: 電流源のノード 正電流は N1 から N2 へ流れます。
NC1,NC3	: 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 :

Hname N1 N2 Vname Gain

例 :

H1 4 0 Vload 200

引数	説明
Hname	: 制御電圧源の名前
N1,N2	: 正、負の電圧源ノード
Vname	: 制御電流を介した電圧源の名前 正の制御電流の流れる方向は正のノードから電源を通過して Vname の負のノードへととなります。
Gain	: 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：

Fname N1 N2 Vname Gain

例：

F1 3 4 Vsense 0.2

引数 **説明**

Fname : 制御電流源の名前

N1,N2 : 電流源のノード。正電流が N1 から N2 へ流れます。

Vname : 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 Vname 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：

Bname N1 N2 V=Vexpression

Bname N1 N2 I=Iexpression

例：

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

BI2 2 3 I=(V(1) <-1.0)?-1.0 : (V(1)>1.0) ?1.0 : V(1)

引数 **説明**

Bname : 電圧もしくは電流源の名前

N1,N2 : 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。

Vexpression, Iexpression : 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。

- ・標準演算子 : +, -, *, /, **
- ・論理演算子 : ==, !=, =, <, >, ≤, ≥, ||, &&
- ・三角関数 : SIN, COS, TAN, ASIN, ACOS, ATAN
- ・双曲線関数 : COSH, SINH, ACOSH, ASINH, ATANH
- ・指数、対数 : EXP, LN, LOG
- ・その他 : ABS, SQRT
- ・二変数関数 : MIN, MAX, POW
- ・三項演算 : A ? B : C の意味は if A, then B, else C.
- ・特殊変数 : time(時間),temper(温度),Hertz(周波数)

5 参考文献

1. *NGspice User Manual Version 26* by Paolo Nenzi and Holger Vogt, January, 2014
2. *SPICE3 Version 3f3 User's Manual* by A. R. Newton, D. O. Perterson, A. Sangiovanni-Vincentelli, May, 1993
3. *SPICE: User's Guide and Reference* by Michael B. Steer, July, 2007
4. *SPICE3f5 Manual (HTML)* (<http://bwrcs.eecs.berkeley.edu/Courses/IcBook/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. 本資料に記載された製品をユーザ装置に組み込む際には、バックアップやフェイルセーフ機能をシステムの的に設置してください。
7. 弊社は、人命に関わる装置として特別に開発したものは用意しておりません。
8. 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 2018 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.