

デザインモデル

LTspice®モデルの使い方 収束性の改善ヒント

LTspice シミュレーションで、解析エラーや結果が安定しない場合は収束性の問題が考えられます。収束性はシミュレータの設定を変更することで回避できる場合があります。このアプリケーションノートでは主にサブサーキットモデルが含まれる回路で LTspice の設定を変えて収束性を改善する方法を紹介しています。これから紹介する回避方法は全ての回路に対して有効ではありませんが、シミュレーションエラー回避のヒントとしてご活用ください。

シミュレータ・オプション変更方法

シミュレーションが収束しない場合、LTspice では設定を変更できるオプションが用意されています。Figure 1 のように “Control Panel” を開き、“SPICE” タブに定義されている設定を変更することができます。これ以外にも “.OPTION” コマンドを使うと、“itl1” や “itl2” など、このパネルには表示がないパラメータも変更できます。

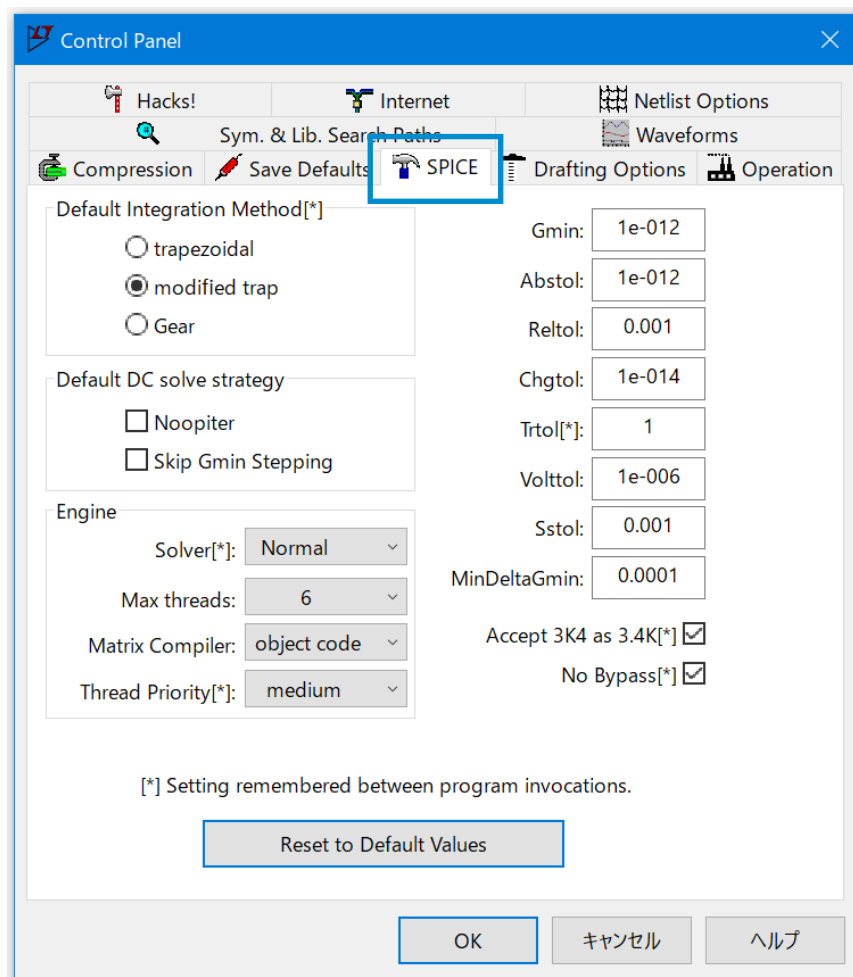


Figure 1. Control Panel の SPICE タブに定義されているオプション設定

LTspice®は Analog Devices, Inc.の登録商標です。

デバイスモデルのオプション設定

バイポーラトランジスタ、ダイオード、LED で使用されるデバイスモデルのみのシミュレーションでは、回路規模や構成にもよりますが、ほとんどの場合 Figure 1 のデフォルト設定でシミュレーションは収束します。Table 1 に “Control Panel” の右列に定義されているオプションパラメータを示します。デバイスモデルで収束しない場合は、デフォルト値に対して、Table 1 の上限値と書かれている値まで大きくすることで収束する許容差を緩和して収束性を改善することができます。

Table 1. “Control Panel” の右列に定義されているオプションパラメータ

パラメータ	デフォルト値	上限値 (参考)	概要
Gmin	1e-012 [S]	1e-009	収束しやすくするためにすべての PN 接合に追加される導電率
Abstol	1e-012 [A]	1e-006	電流誤差の絶対許容差
Reltol	0.001	0.01	相対誤差の許容差
Chgtol	1e-014 [C]		電荷の絶対許容差
Trtol	1	7	過渡解析時の一時的な誤差係数の許容差
Volttol	1e-006 [V]	1e-003	電圧誤差の絶対許容差
Sstol	0.001		定常状態を検出するための相対誤差
MinDeltaGmin	0.0001		適応 Gmin ステッピングの終了に対して限度を設定する

サブサーキットモデルのオプション設定

サブサーキットモデルの中でマクロモデルが使われている MOSFET や、ビヘイアモデルが使われている SiC パワーデバイス、IGBT では、デフォルト設定でシミュレーションを実行すると下記のようなエラーや Plot 波形が正しく表示されない問題が発生します。

- “Analysis: Time step too small ...” のエラーで止まる。
- Plot 波形が表示されない。またはシミュレーションの途中で表示されなくなる。
- 波形が途中で過大な値に振れる。

これらのエラーは波形の変化が急峻な場合に発生します。急峻な変化を計算するためタイムステップが細かくなりすぎてシミュレーションが止まるか、変化が急峻すぎて正しく計算できず波形を表示できなくなります。

SMPS (Switched Mode Power Supply) 回路では急峻に変化する波形は避けられないため、次の方法でエラーを回避します。デバイスモデルでの回避方法とは逆に、シミュレーション値の誤差を小さくして計算精度を上げることで収束性を改善します。

方法 1 : Solver 設定

“Control Panel” の “SPICE > Engine > Solver” を “Alternate” に設定します (Figure 2)。“LTspice XVII Manual” によると、“Normal” から “Alternate” へ変更すると内部精度は 1000 倍高精度になると記述されています。

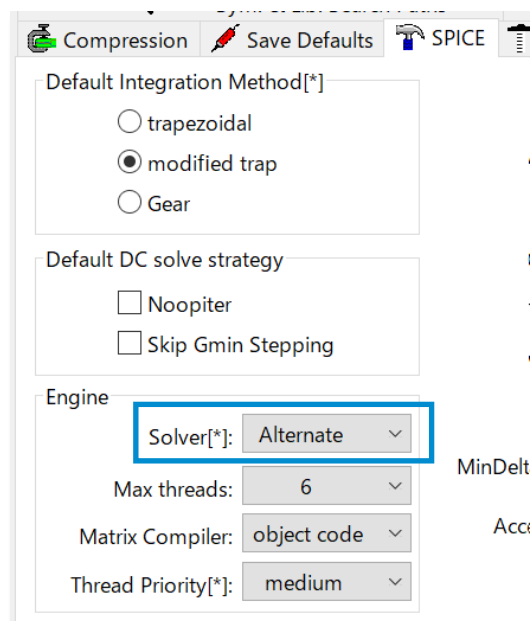


Figure 2. Control Panel の SPICE タブに定義されている “Solver” を “Alternate” に設定

1

方法 2 : Maximum Timestep 設定

シミュレーション設定で過渡解析の“Maximum Timestep”を 10nsec または 1nsec に設定します。これにより、1 ステップの計算の変化量を小さくして収束性を改善します。

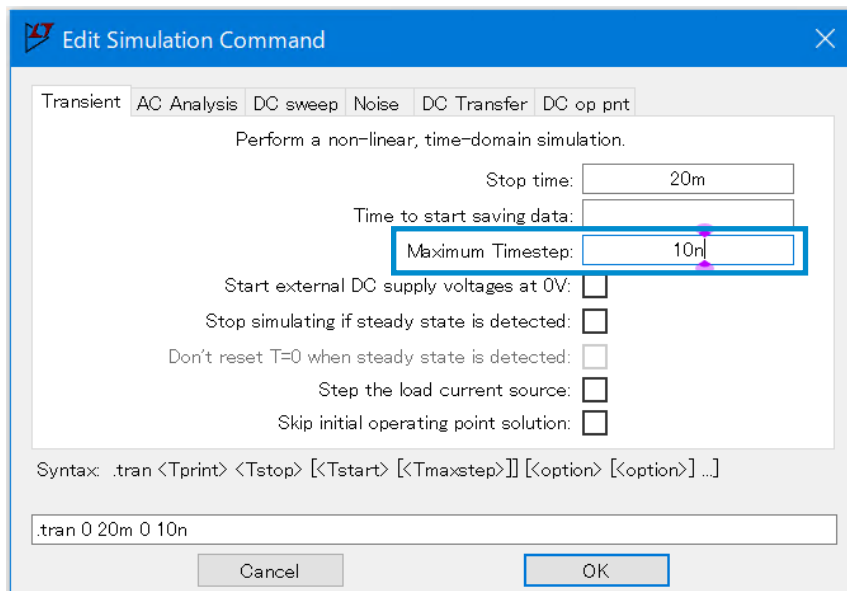


Figure 3. 過渡解析の“Maximum Timestep”を設定する

方法 3 : オプションパラメータ設定

“Control Panel”の右列に定義されているオプションパラメータ (Figure 1) を変更します。推奨する値を Table 2 に示します。“Reltol” または “Trtol” のどちらか、または両方を推奨値に変更します。どの組み合わせが良いかはシミュレーションを繰り返して決めます。

Table 2. オプションパラメータの推奨値

パラメータ	デフォルト値	推奨値
Gmin	1e-012 [S]	
Abstol	1e-012 [A]	
Reltol	0.001	0.0001
Chgtol	1e-014 [C]	
Trtol	1	0.1
Volttol	1e-006 [V]	
Sstol	0.001	
MinDeltaGmin	0.0001	

方法 4 : 電源スロープ立ち上げ

シミュレーションが開始直後に止まる場合は、電圧源の立ち上げに傾きを付けて回避します。Figure 4 は一般的な電圧源で、シミュレーション開始と同時に設定電圧が発生するため、回路上の各部の電圧変化が急峻になります。電圧の変化を緩やかにするため立ち上がり時間を設定します。“Advanced” をクリックすると Figure 5 の設定ウィンドウが開くので、回路によりませんがここでは “PULSE” を選択し、パラメータの “Trise” に適当な時間を与えます。

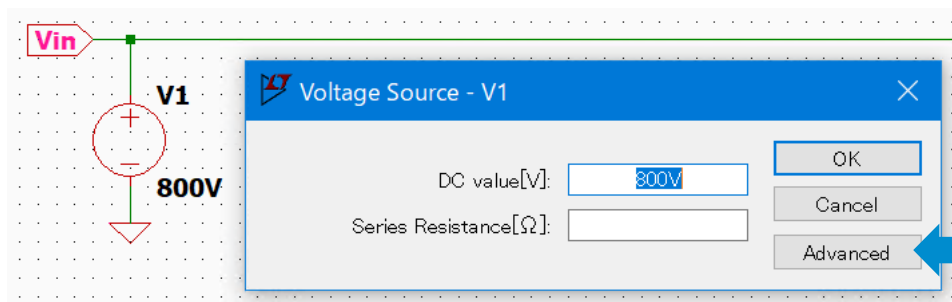


Figure 4. 一般的な電圧源の設定

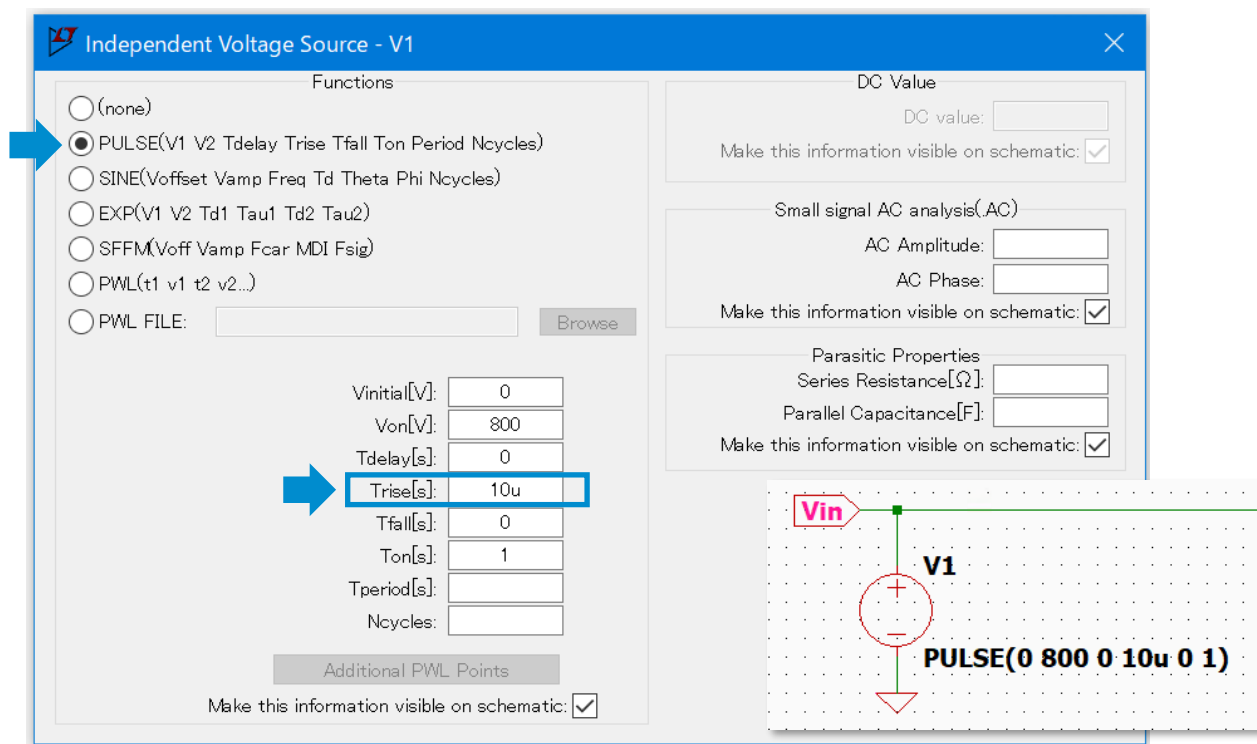


Figure 5. 電圧源の Advanced 設定ウィンドウで立ち上がり時間を設定する

その他の問題点と対策

理想受動素子

LTspice で汎用シンボルとして用意されているインダクターやトランス、コンデンサは理想素子のため、LC 並列共振ではインピーダンスが無限大に、直列共振ではゼロになるため、計算が収束しなくなる場合があります。

インダクター

LTspice のインダクターは直列抵抗の設定がない場合でもデフォルト値が $1\text{m}\Omega$ になっており、極端なインピーダンスになる問題を軽減しています。直列抵抗が $1\text{m}\Omega$ でも小さい場合は個別に設定します。

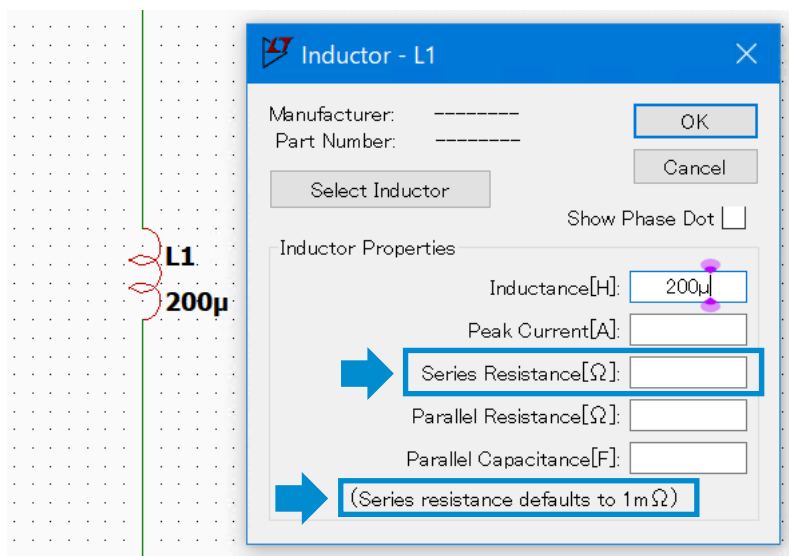


Figure 6. インダクターに直列抵抗を設定する。デフォルト値は $1\text{m}\Omega$

トランス

トランスはインダクターを組み合わせて作成しますが、トランス構成にするとインダクターのデフォルト設定で $1\text{m}\Omega$ であった直列抵抗がゼロになるので、“Series Resistance” に $1\text{m}\Omega$ 以上の値を設定します。

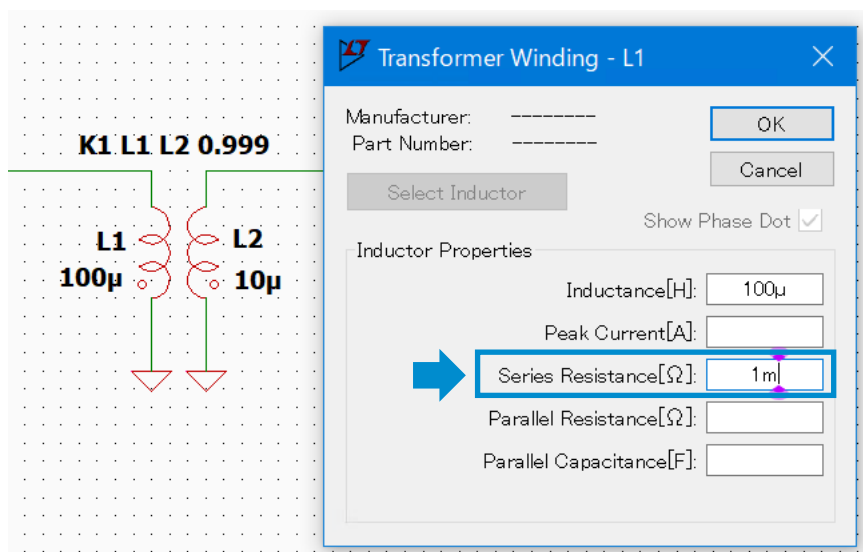


Figure 7. トランスに直列抵抗を設定する

コンデンサ

デフォルトでは直列抵抗がゼロなので、“Equiv. Series Resistance” に $1\text{m}\Omega$ 以上の値を設定します。

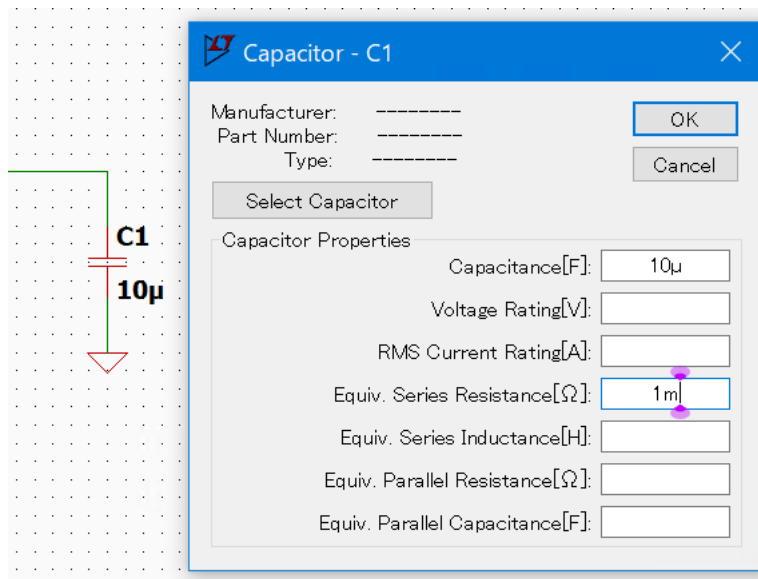


Figure 8. コンデンサに等価直列抵抗を設定する

ご 注 意

- 1) 本資料の記載内容は改良などのため予告なく変更することがあります。
- 2) 本資料に記載されている内容は製品のご紹介資料です。ご使用に際しては、別途最新の仕様書を必ずご請求のうえ、ご確認ください。
- 3) ロームは常に品質・信頼性の向上に取り組んでおりますが、半導体製品は種々の要因で故障・誤作動する可能性があります。
万が一、本製品が故障・誤作動した場合であっても、その影響により人身事故、火災損害等が起こらないようご使用機器でのディレーティング、冗長設計、延焼防止、バックアップ、フェイルセーフ等の安全確保をお願いします。定格を超えたご使用や使用上の注意書が守られていない場合、いかなる責任もロームは負うものではありません。
- 4) 本資料に記載されております応用回路例やその定数などの情報につきましては、本製品の標準的な動作や使い方を説明するものです。
したがって、量産設計をされる場合には、外部諸条件を考慮していただきますようお願いいたします。
- 5) 本資料に記載されております技術情報は、製品の代表的動作および応用回路例などを示したものであり、ロームまたは他社の知的財産権その他のあらゆる権利について明示的にも黙示的にも、その実施または利用を許諾するものではありません。上記技術情報の使用に起因して紛争が発生した場合、ロームはその責任を負うものではありません。
- 6) 本資料に掲載されております製品は、耐放射線設計はなされていません。
- 7) 本製品を下記のような特に高い信頼性が要求される機器等に使用される際には、ロームへ必ずご連絡の上、承諾を得てください。
・輸送機器（車載、船舶、鉄道など）、幹線用通信機器、交通信号機器、防災・防犯装置、安全確保のための装置、医療機器、サーバー、太陽電池、送電システム
- 8) 本製品を極めて高い信頼性を要求される下記のような機器等には、使用しないでください。
・航空宇宙機器、原子力制御機器、海底中継機器
- 9) 本資料の記載に従わないために生じたいかなる事故、損害もロームはその責任を負うものではありません。
- 10) 本資料に記載されております情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、万が一、当該情報の誤り・誤植に起因する損害がお客様に生じた場合においても、ロームはその責任を負うものではありません。
- 11) 本製品のご使用に際しては、RoHS 指令など適用される環境関連法令を遵守の上ご使用ください。
お客様がかかる法令を順守しないことにより生じた損害に関して、ロームは一切の責任を負いません。
本製品の RoHS 適合性などの詳細につきましては、セールス・オフィスまでお問合せください。
- 12) 本製品および本資料に記載の技術を輸出又は国外へ提供する際には、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続を行ってください。
- 13) 本資料の一部または全部をロームの許可なく、転載・複写することを堅くお断りします。



ローム製品のご検討ありがとうございます。
より詳しい資料やカタログなどご用意しておりますので、お問合せください。

ROHM Customer Support System

<http://www.rohm.co.jp/contact/>