

LTspice の使い方

東海大学 大学院 工学研究科 清水研究室

7ADGM007 大槻 博之

2008年5月20日

SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis : スパイス) は電気回路、電子回路のアナログ動作をシミュレーションするソフトウェアです。1973年、カリフォルニア大学バークレー校で開発されました。

SPICE によるシミュレーションの対象となる回路は、一般的な受動素子 (抵抗・コンデンサ etc.)、能動素子 (ダイオード・トランジスタ etc.)、伝送線路および各種電源を組み合わせたものとなります。解析手法としては過渡解析、直流解析、小信号交流解析、雑音解析などが可能となっています。現在使われている回路シミュレータの多くはこのバークレー校のものを元に改良、機能付加したものです。名称に SPICE の語を含む場合も多く、それらを含めて SPICE と呼ばれることもあります。

目次

- 1 はじめに
 - 1.1 LTspice による作業の流れ
 - 1.2 Linear Technology LTspice/SwitcherCAD III のインストール
 - 1.3 Linear Technology LTspice/SwitcherCAD III を使う前に
 - 1.4 Linear Technology LTspice/SwitcherCAD III の起動
- 2 回路図の作成
 - 2.1 部品の追加
 - 2.2 部品の移動
 - 2.3 部品の削除
 - 2.4 部品の設定
 - 2.4.1 抵抗の設定
 - 2.4.2 コンデンサの設定
 - 2.4.3 電圧源の設定
 - 2.4.4 MOSFET の設定
- 3 シミュレーション
 - 3.1 シミュレーションの設定
 - 3.2 波形表示
- 4 おわりに
 - 4.1 印刷
 - 4.2 回路図と波形の保存と読み込み

付録

1. はじめに

1. 1. LTspice による作業の流れ

Linear Technology LTspice/SwitcherCAD III における作業の流れを図 1 に示します。

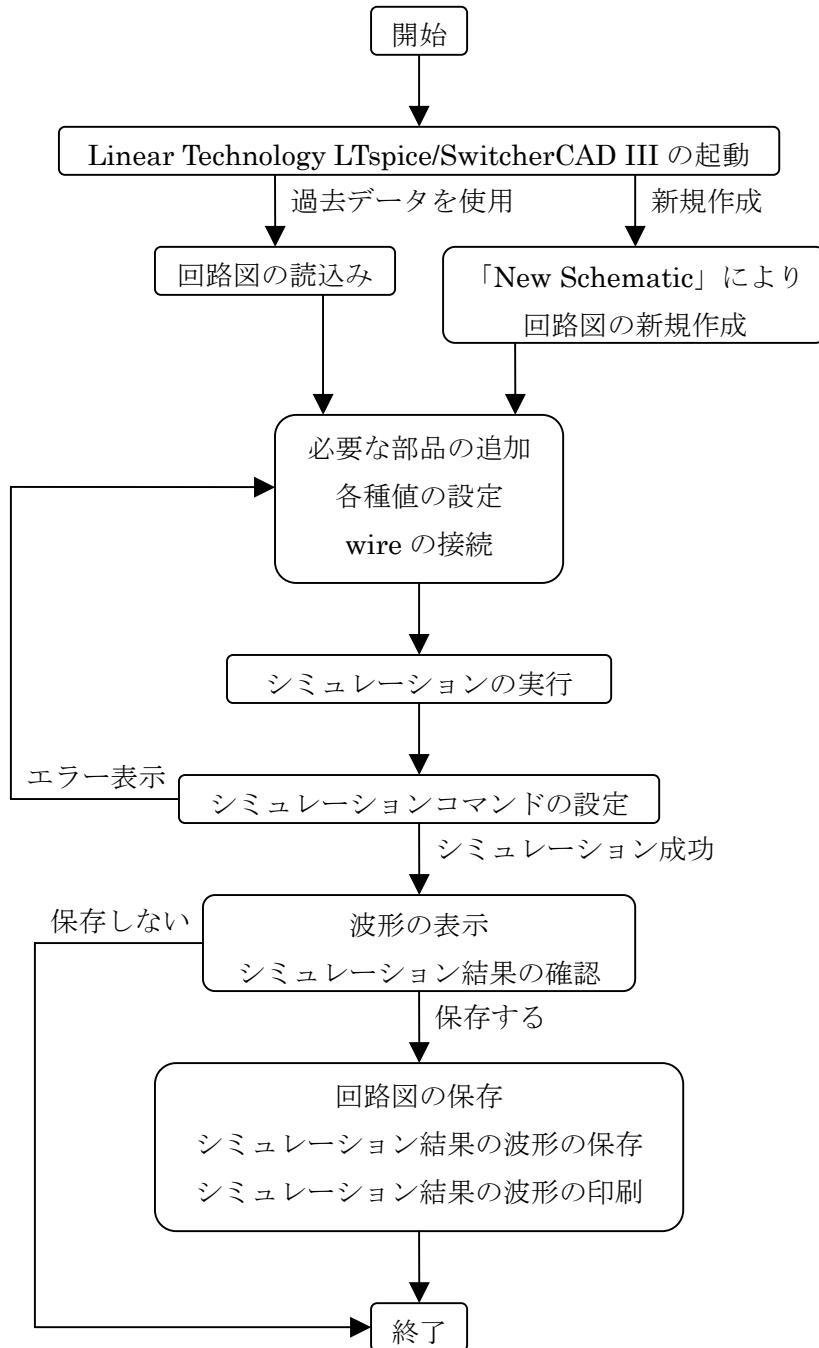


図 1 : Linear Technology LTspice/SwitcherCAD III における作業の流れ

1. 2. Linear Technology LTspice/SwitcherCAD III のインストール

リニアテクノロジー - Design Simulation and Device Models の WEB ページ

<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/software/index.jsp>

にて、「ダウンロード！ SwitcherCAD III/LTspice」をクリックします。ジャンプした先で、「新しい MyLinear アカウントに登録してください。」または「いいえ、ダウンロードしませんソフトウェアをダウンロードするだけです。」をクリックすることにより、LTspice をダウンロードすることができます。



ダウンロード完了後、インストールの実行が開始されない場合は、Swcadiii.exe のアイコンをダブルクリックすることによりインストールが開始され、図 2 の画面が開きます。

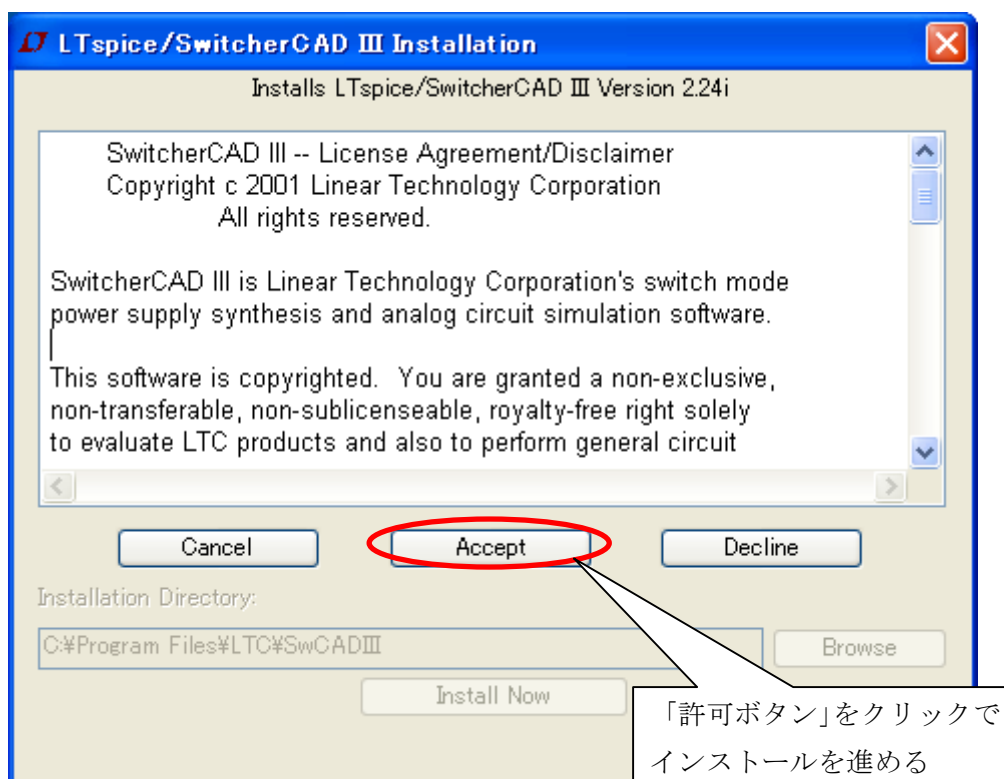


図 2：インストールウィザード画面

「Installation Directory」（インストール先）は、初期設定では

C:\Program Files\LTC\SwCADIII

となっていますが、ここでは

Z:\SwCADIII

に行ったとして進めていきます。

1. 3. Linear Technology LTspice/SwitcherCAD III を使う前に

MOSのパラメータが、「Z:\SwCADIII\lib\cmp\standard.mos」に記述されています。この「standard.mos」を、テキストエディタ（メモ帳、ワードパッドetc.）で開いてください。そして、表 1パラメータを最後の行の後に追加してください。デフォルトの設定が必要ない場合は、表 1のパラメータのみを記述し、残りを消しても問題ありません。

表 1 のパラメータを追加して保存が完了したら、MOSFET のパラメータ選択画面で自分が追加したものを選択することができるはずです。ただし、編集前に LTspice を起動していた場合は、一度 LTspice を閉じて再起動する必要があります。

表 1 : MOS のパラメータ一覧表 (コンピュータ設計の基礎知識 P.73 の表と cj の値)

パラメータ	NMOS	PMOS	単位
モデル	レベル 3		
kp	80	40	$\mu A / V^2$
gamma	0.4	0.5	\sqrt{V}
phi	0.37	0.36	V
ld	0.1	0.1	μm
tox	20	20	nm
nsub	2×10^{16}	4×10^{16}	cm^{-3}
vmax	2×10^5	2×10^5	m / s
cj	3.85×10^{-4}	1.23×10^{-4}	F / m ²

standard.mosファイル記入例

```
.model nfet NMOS (level=3 kp=80u gamma=0.4 phi=0.37 ld=0.1u tox=20n  
nsub=2e16 vmax=2e5 cj=0.385m)  
.model pfet PMOS (level=3 kp=40u gamma=0.5 phi=0.36 ld=0.1u tox=20n  
nsub=4e16 vmax=2e5 cj=0.123m)
```

1. 4. Linear Technology LTspice/SwitcherCAD III の起動



Scad3.exe のアプリケーションを実行しLinear Technology LTspice/SwitcherCAD IIIを起動させます。すると図 3の画面が開くので、まずはツールバーの「Tools」を左クリックしてください。次に「Control Panel」を左クリックし、最後に「Netlist Options」タブを左クリックして出てくる画面で図 4のように設定を変更してください。

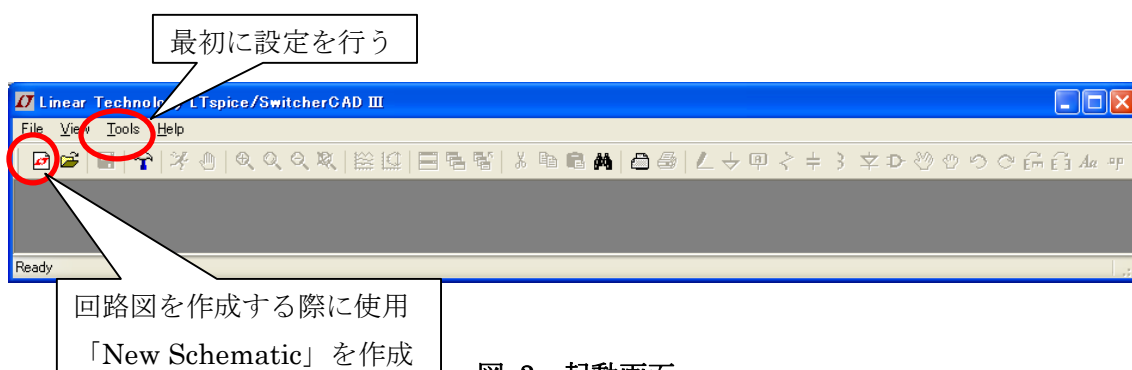


図 3 : 起動画面

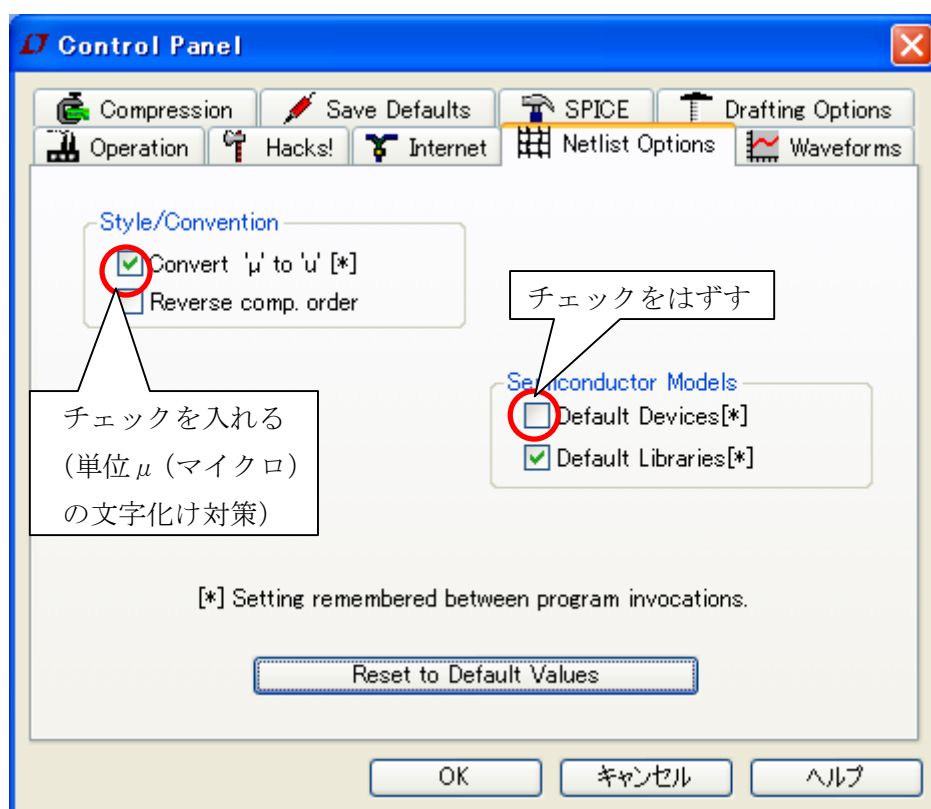
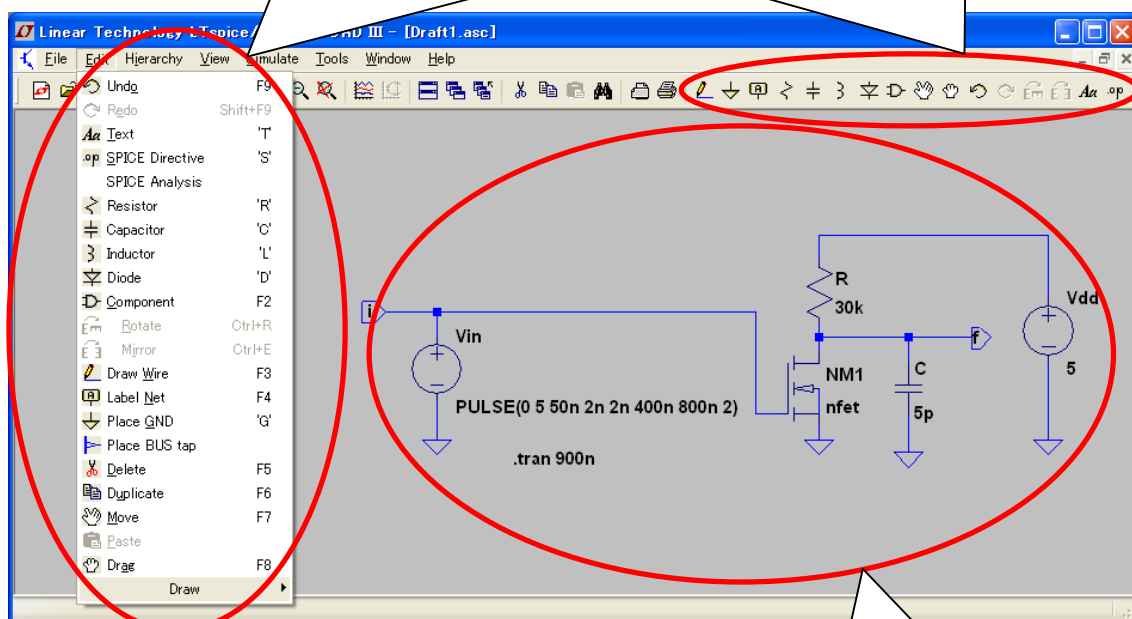


図 4 : Control Panel の Netlist Options の設定

ここまで完了したら、後は自由に部品の配置、設定と配線を行っていき、回路図を作成していきます。例として、図 5 の画面を示します。また、使用する部品とその説明は図 6 に示します。2 章では、図 5 のような回路を用いて説明していきます。

図左のようなツールバーの「Edit」または図右のアイコンより追加したい部品を選択して左クリックで画面内に挿入（電源 etc.は「Component」内から選択）
また、部品同士は「Draw Wire」を用いて接続



作成した回路図の例

図 5 : 回路図編集中画面

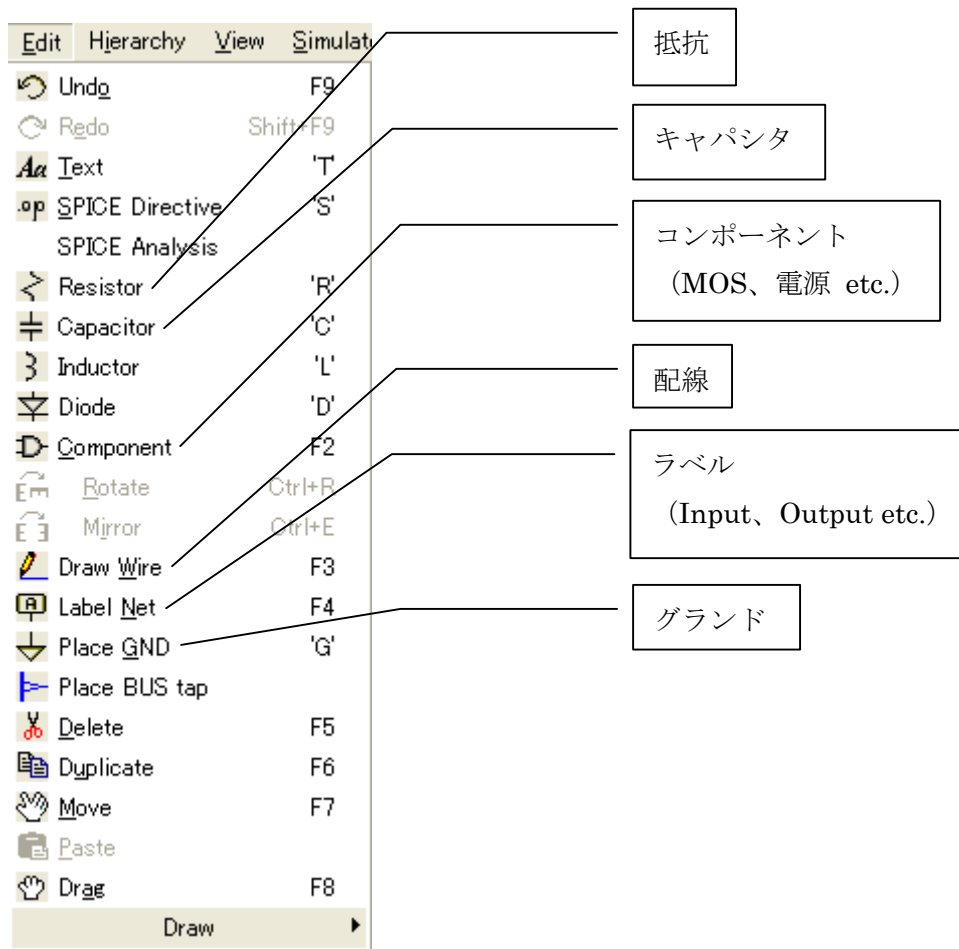


図 6 : 使用部品

2. 回路図の作成

2. 1. 部品の追加

追加したい部品を左クリックし、作業画面上にて左クリックするごとに部品が追加されていきます。部品の追加をやめる時は、作業画面上で右クリックするか他の部品を選択してください。まずは、図 9～図 11の手順で部品の配置と配線を行っていきましょう。

ここで、電源、nmos並びにpmosなどの部品については独立したアイコンで表示されていません。そのため、図 6の「Component」を左クリックしたときに表示される図 7の画面の中から選択してください。

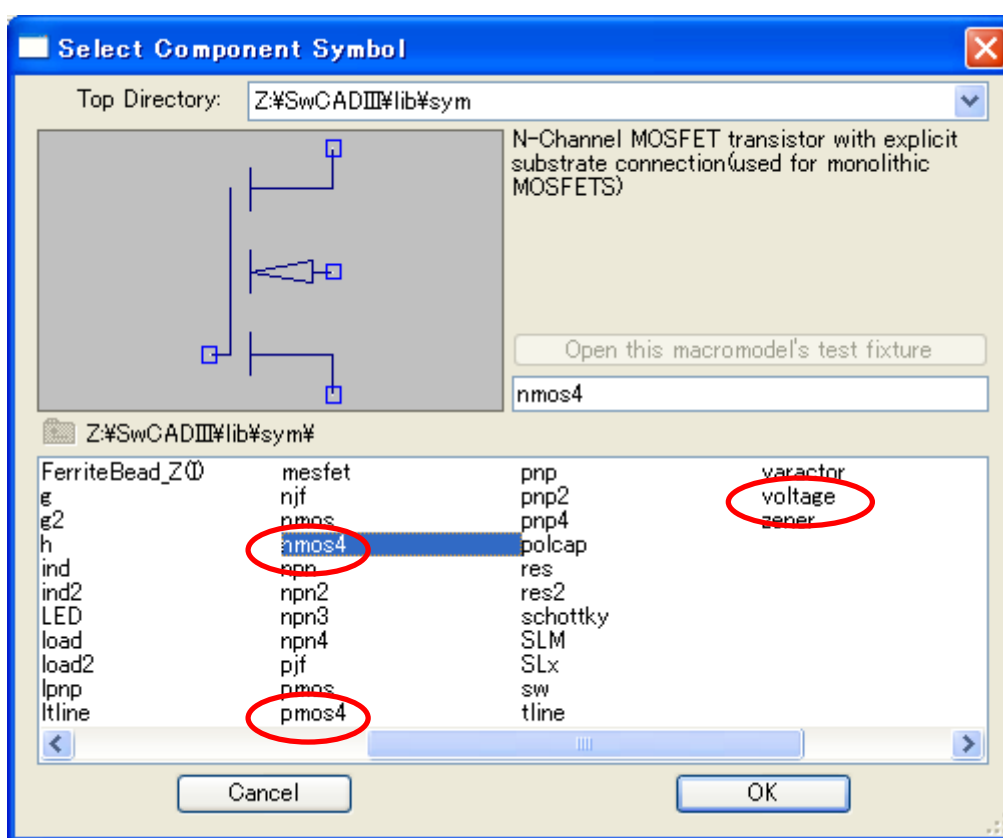


図 7 : Component 画面

また、入力端子や出力端子を明示したい場合は、図 6の「Label Net」をクリックします。すると図 8のような画面が開くので、設定したい場所に追加してください。(あらかじめ配線を余分に伸ばしておき、そこへ配置するとより分かりやすくなります)

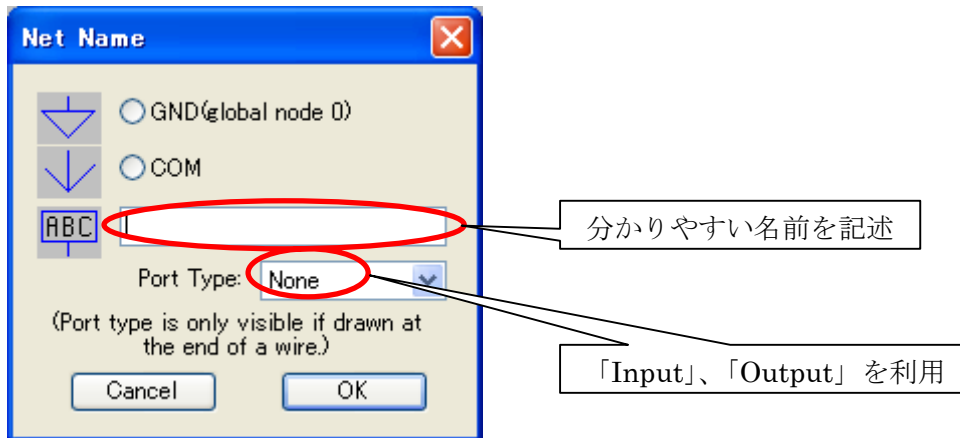


図 8 : Label Net の設定

2. 2. 部品の移動

部品の右側にある 2 種類の「手のひらマーク」のどちらかを左クリック後に部品を左クリックすると部品がマウスに合わせて移動します。そこでもう一度左クリックを行うことで、部品がその場に固定されます。「Move」では部品に接続された配線が無視して選択した部品のみ移動します。また、「Drag」では部品と接続した配線が接続したまま移動します。

2. 3. 部品の削除

「Delete キー」を押すことで、マウスポインタが「はさみ型」となります。この状態で部品を左クリックすることで、部品を削除することができます。

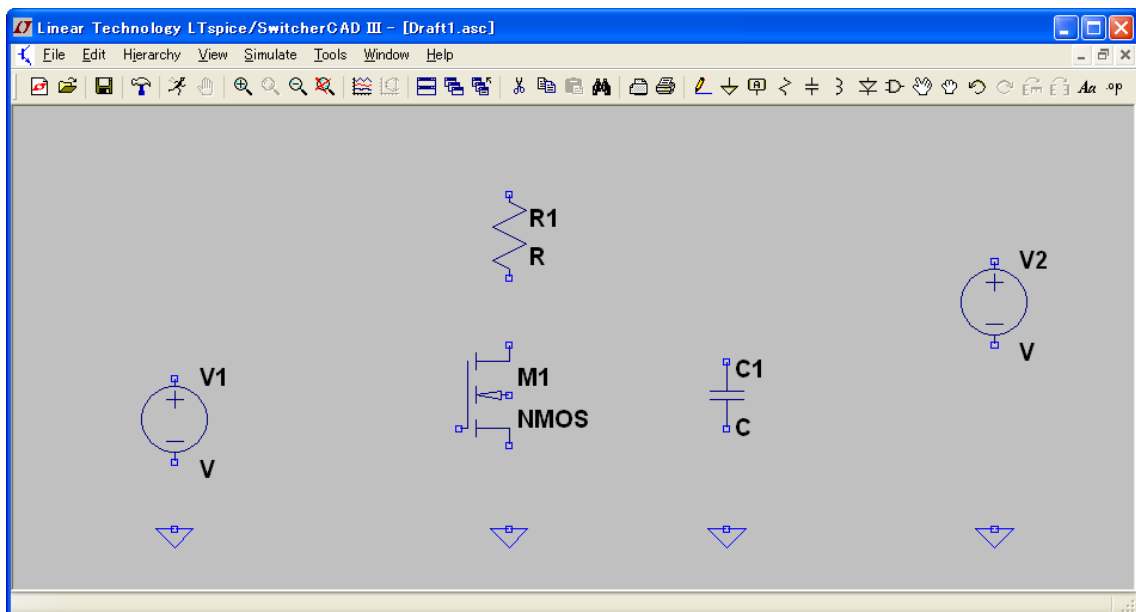


図 9 : 部品を配置した画面

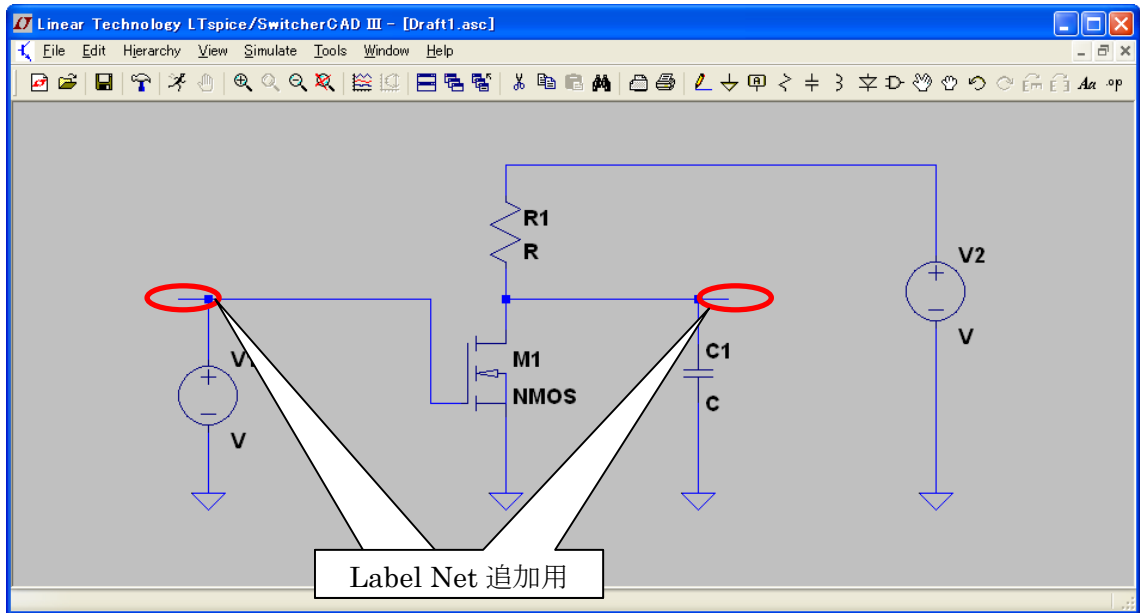


図 10 : 配線を行った画面

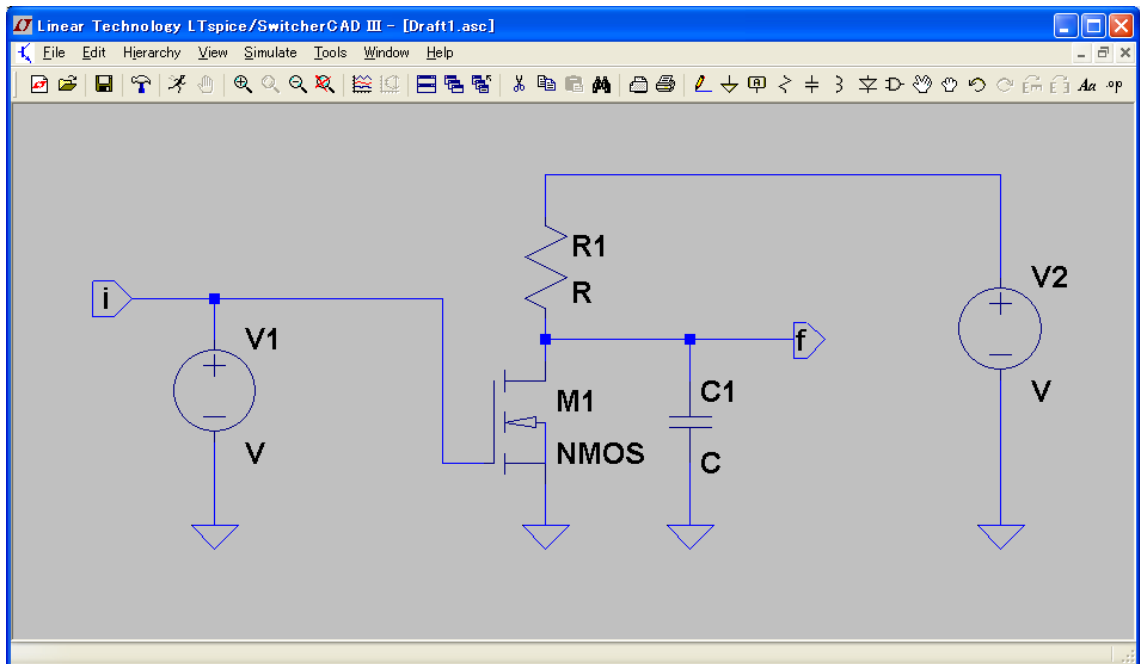


図 11 : 入力・出力端子まで追加した画面

2. 4. 部品の設定

基本的に、部品を右クリックにて表示される設定画面にて値を変更します。

2. 4. 1. 抵抗の設定

抵抗を右クリックにて出てくる画面は図 12 のようになります。

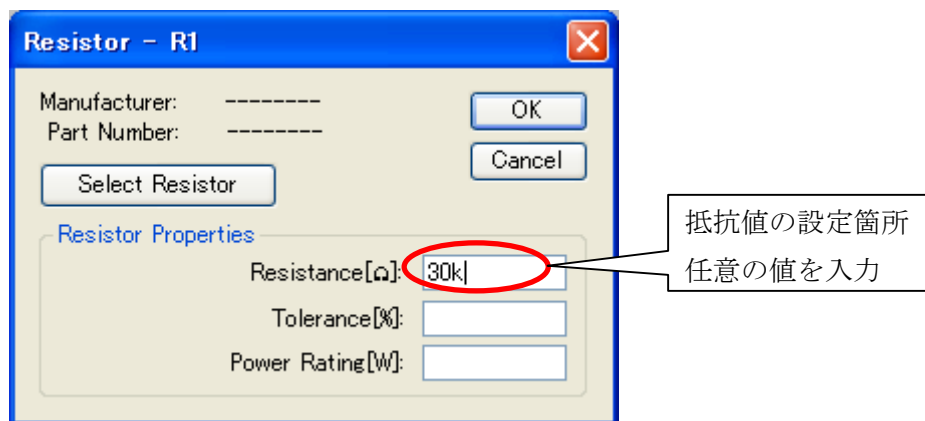


図 12 : 抵抗の部品を右クリックにて表示される設定画面

2. 4. 2. コンデンサの設定

コンデンサを右クリックにて出てくる画面は図 13 のようになります。

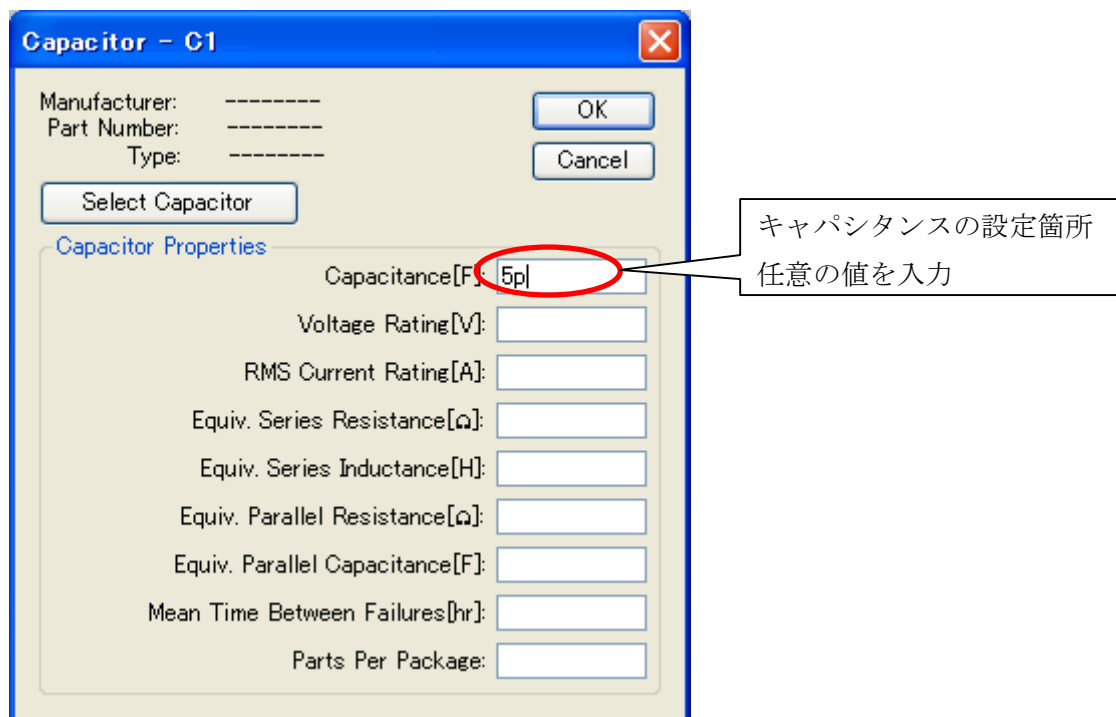


図 13 : コンデンサの部品を右クリックにて表示される設定画面

2. 4. 3. 電圧源の設定

電圧源は「Component」内の「Voltage」を選択すると出てきます。そして、右クリックにて出てくる画面は図 14 のようになります。また、図 14 の画面で「Advanced」を選択することで、図 15 のような設定画面でさまざまな波形にすることができます。

分からない場合は、ひとまず DC で設定しましょう。

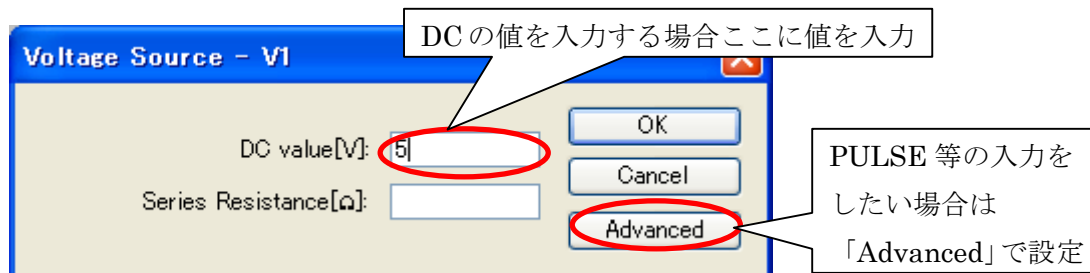


図 14 : 電圧源の部品を右クリックにて表示される設定画面

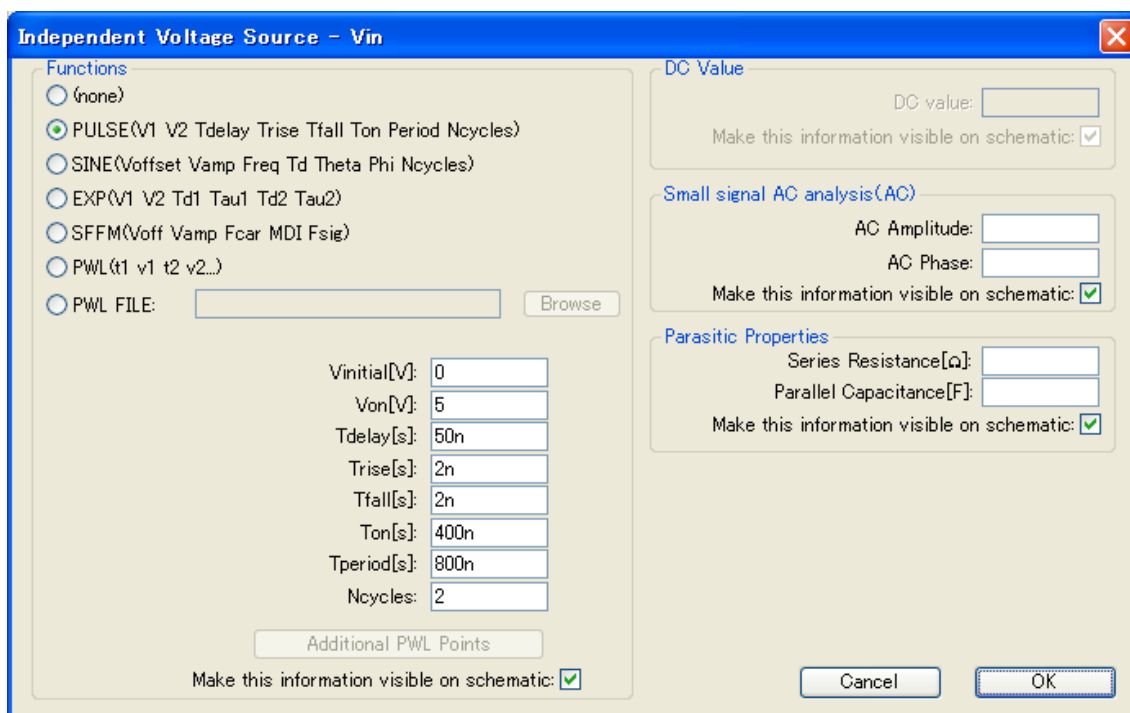


図 15 : 電圧源の「Advanced」設定画面 (PULSE 設定値の表示)

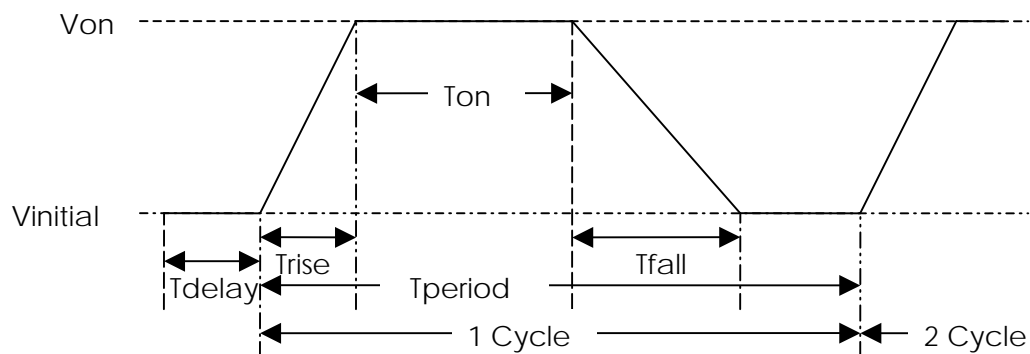


図 16 : 電圧源の PULSE 設定の際の値と波形の対応

2. 4. 4. MOSFET の設定

nmosは「Component」内の「nmos4」、pmosは「Component」内の「pmos4」を選択することで追加できます。nmos4 を右クリックにて出てくる画面は図 17のようになります。ここで、1. 3 章にて.modelファイルに記述したModel Nameと同じModel Name（このテキストでは、NMOSの場合はnfet）にすることで、1. 3 章にて作成したMOSパラメータが適用されます。

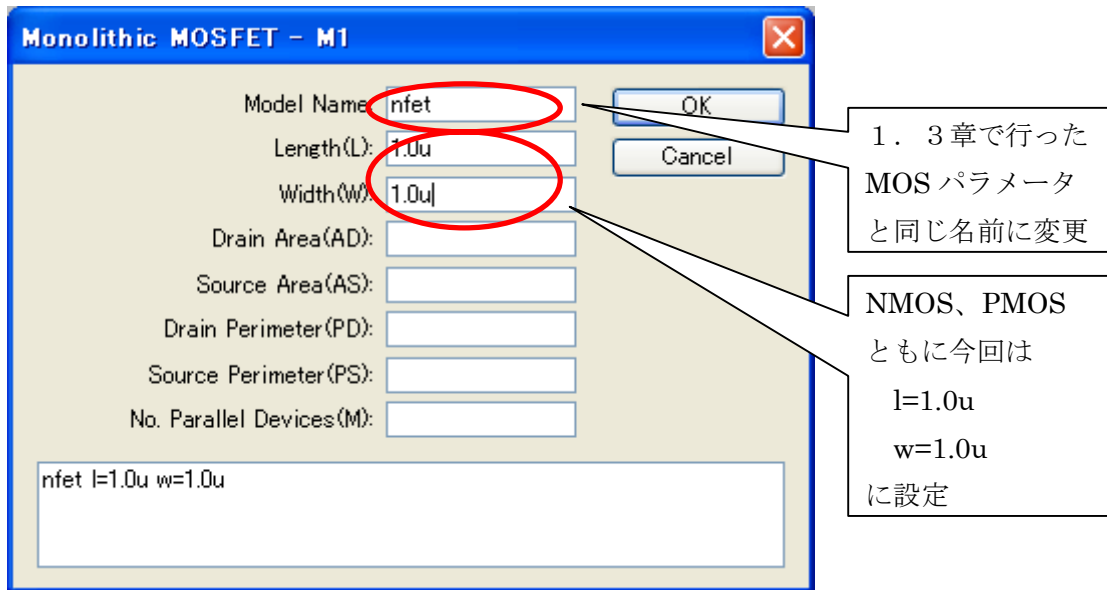


図 17 : MOSFET 設定画面

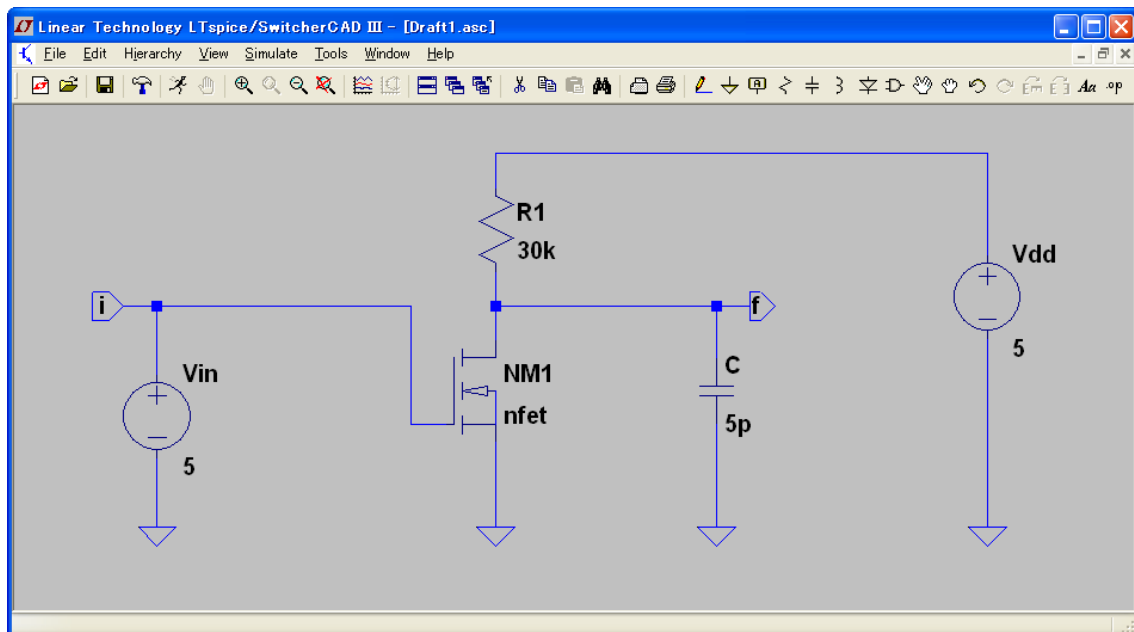


図 18 : 部品の設定をすべて行った回路図

3. シミュレーション

3. 1. シミュレーションの設定

回路図が完成したら、「Run」ボタンを左クリックすることにより、図 19の「Edit Simulation Command」画面が表示されます。この画面は、1度設定すると次からは開きません。設定後に変更を行いたい場合は、図 21で示すようなSPICE制御記述を右クリックすることで、再度「Edit Simulation Command」画面が表示されます。

Transient 過渡解析用の設定画面が表示されます。

DC sweep 直流解析用の設定画面が表示されます。

他にも選択可能ですが、今回は過渡解析または直流解析のどちらかを利用します。なお、解析の際には選択した（画面に表示されている）方が適用されます。

過渡解析 : .tran [出力間隔] [終了時間] [開始時間] [計算間隔]

例 : .tran 0 10n 1n 0.01n

解説 : 1nから 10nsまで 0.01nsおきに計算して 0 おきに出力

直流解析 : .dc [変化させたい電圧源名] [初期値] [終了値] [計算間隔]

例 : .dc Vin 0 5 0.1

解説 : 電源Vinの電圧を 0Vから 5Vまで 0.1Vおきに变化させる

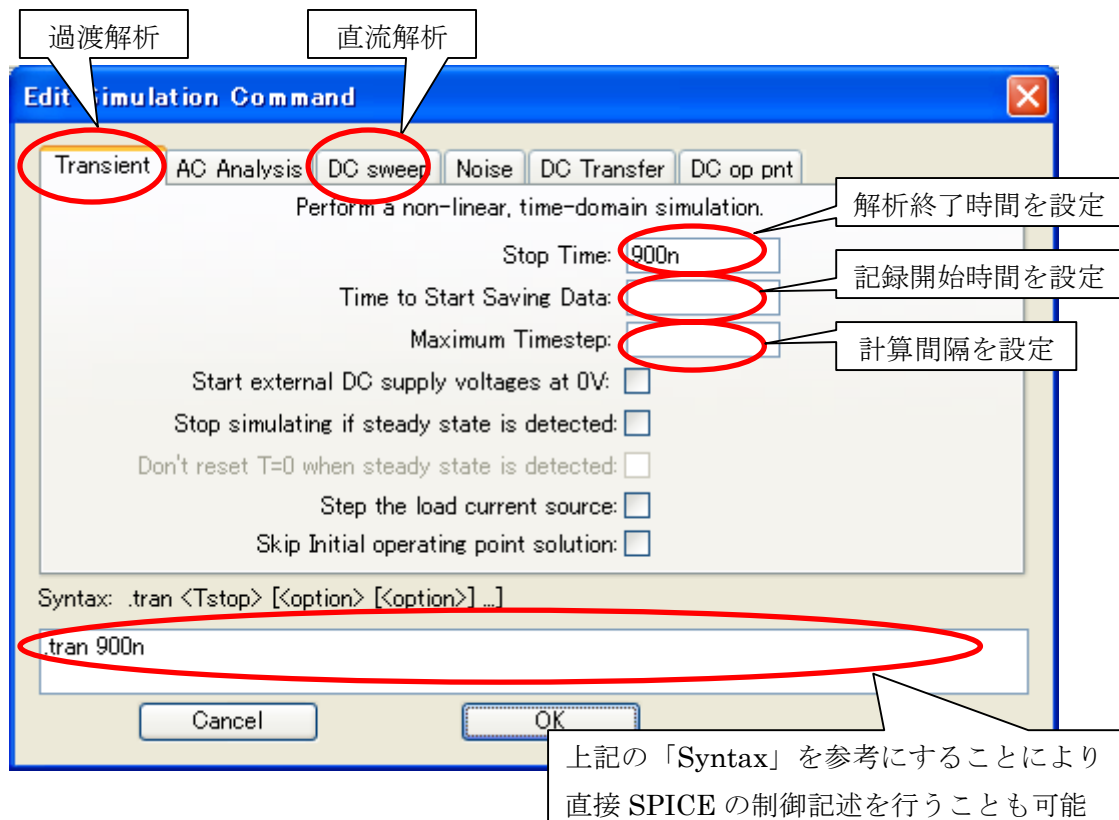


図 19 : Transient (過渡解析の設定) 画面

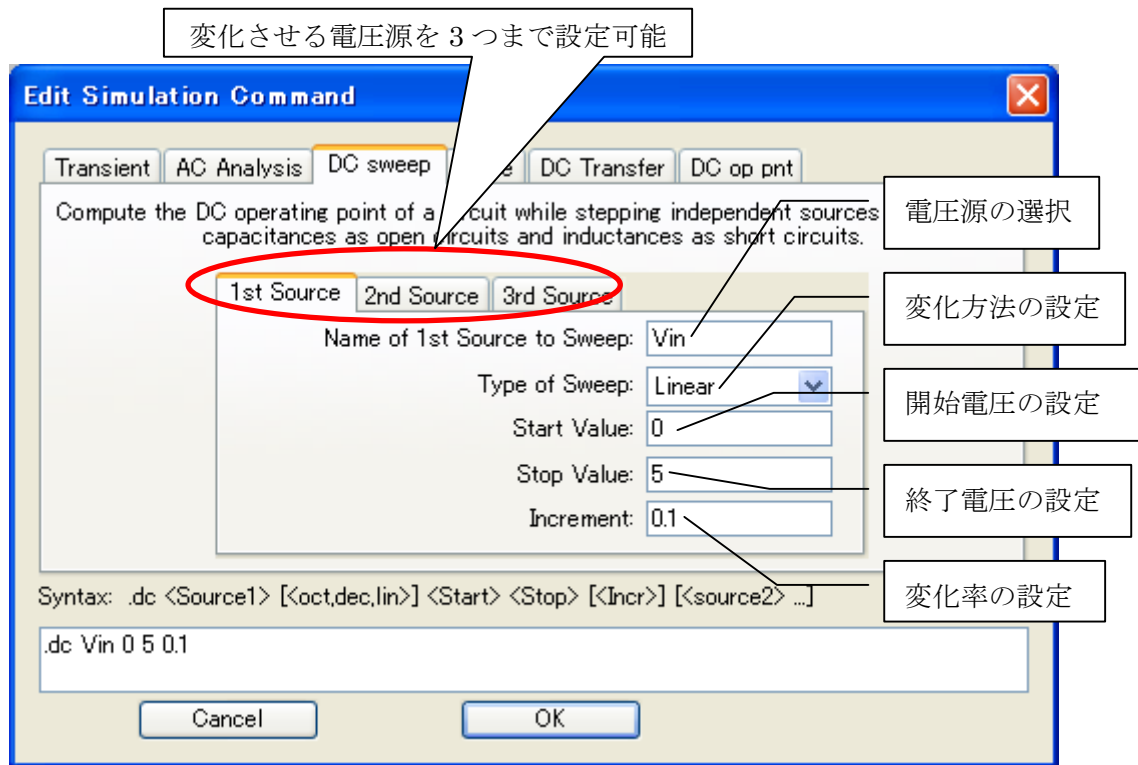


図 20 : DC sweep (直流解析の設定) 画面

Edit Simulation Commandを完了すると、図 21のように波形表示画面が表示されます。

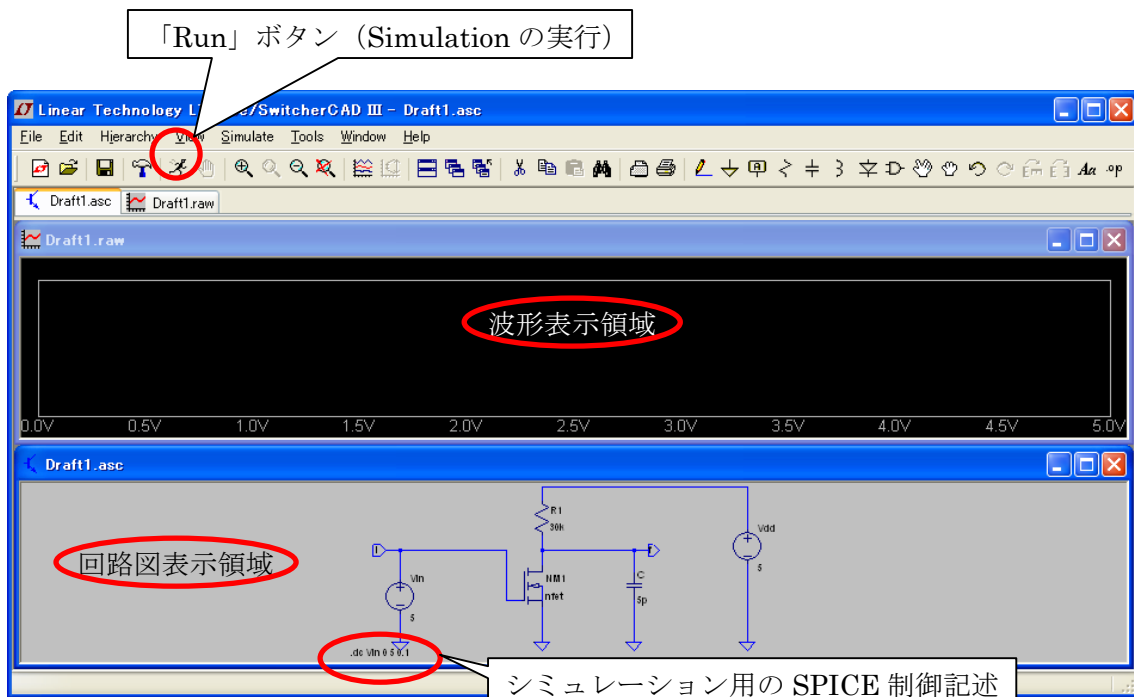


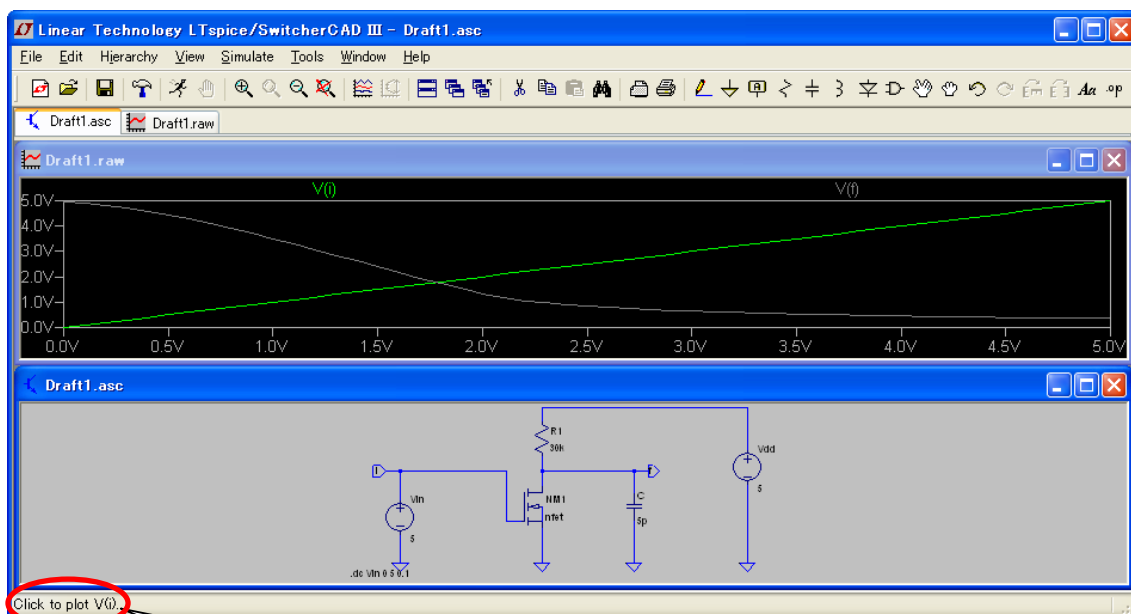
図 21 : DC 解析のシミュレーション実行後画面

3. 2. 波形表示

図 22 の画面における画面下の、回路図上の波形を見たい部分を左クリックまたは「Alt+左クリック」（それぞれ、違うものが出力されます）にて、上の画面に波形が表示されます。

- ・配線を左クリック（マウスポインタが鉛筆のような形）：電圧
- ・配線を「Alt+左クリック」（マウスポインタが矢印と測定器のようなもの）：電流（矢印の向きが、電流の値の方向となります）
- ・部品を左クリック（マウスポインタが矢印と測定器のようなもの）：配線との接続が 3 つ以上だと、部品と配線との接点それぞれ別々の電流
- ・部品を「Alt+左クリック」（マウスポインタが温度計のようなもの）：部品の電力

同じ場所の同じ波形を 2 度左クリックすると、クリックした波形のみが表示されます。また、毎回違う場所または違う波形をクリックしていくと、クリックした分だけ同時に表示されます。



何の波形が出力されるのか表示

図 22：波形の表示

また、図 22 における上の波形画面は色々と表示を変えることが可能になっていますので、見やすくなるように色々変えることができます。各自で、色々と試してみてください。（例えば、付録に載せた図 25 や図 26 のように変更することができます）

4. おわりに

4. 1. 印刷

波形や回路図を印刷したい場合は、「File」→「Print Preview」と左クリックすることで印刷されるものが表示されるので、表示されているものを印刷したい場合は続けて「Print」を左クリックしてください。

4. 2. 回路図と波形の保存と読み込み

回路図およびシミュレーション後の波形の表示設定は保存することで次回に読み込むことが可能です。

回路図の保存 : 「*.asc」画面選択状態で「File」→「Save As」と左クリック

シミュレーション結果の表示内容の保存 :

「*.raw」画面選択状態で「File」→「Save Plot Settings As」と左クリック

次回以降にデータを読み込む方法 : 「File」→「Open...」と左クリック

回路図 : ファイルの種類を「Schematics (*.asc,*.app)」にしてデータを読み込む

シミュレーション結果 :

ファイルの種類を「Waveforms (*.raw,*.fra)」にしてデータを読み込む。

その際、読み込んだファイル名と同じ名前の「*.plt」ファイルも同時に読み込まれ保存していたシミュレーション結果が表示される。

参考

LTspiceGettingStartedGuide.pdf

<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/software/LTspiceGettingStartedGuide.pdf>

コンピュータ設計の基礎知識

SPICE (ソフトウェア) - Wikipedia

http://ja.wikipedia.org/wiki/SPICE_%28%E3%82%BD%E3%83%95%E3%83%88%E3%82%A6%E3%82%A7%E3%82%A2%29

使用ソフト

SwitcherCAD III/LTspice (Updated May 19, 2008)

<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/software/index.jsp>

付録

付録として、以下の回路図およびシミュレーション結果を示します。

図 23 : NMOS回路の回路図およびシミュレーション結果

図 24 : CMOSインバータの回路図およびシミュレーション結果

図 25 : NAND回路の回路図およびシミュレーション結果

図 26 : NOR回路の回路図およびシミュレーション結果

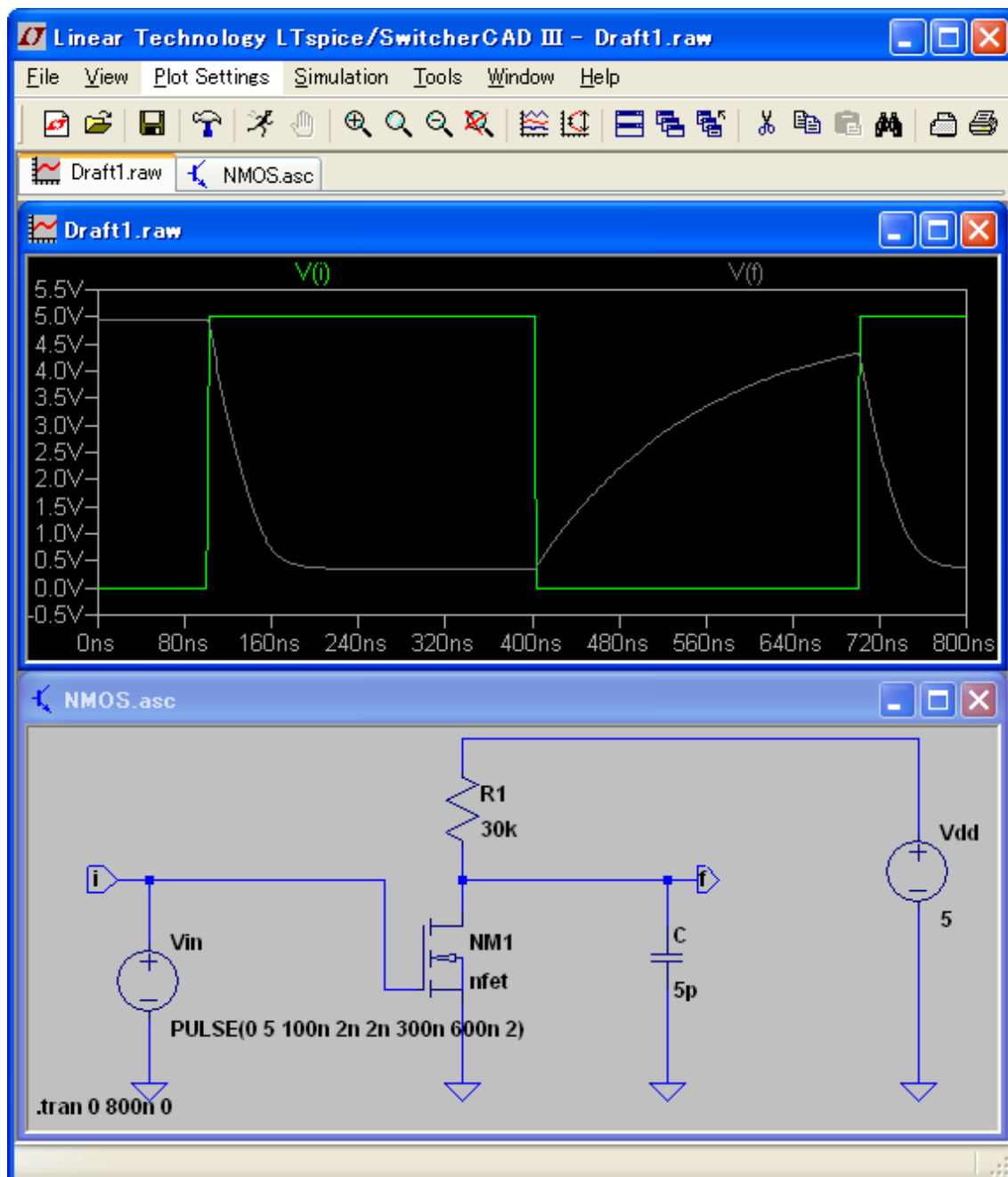


図 23 : NMOS 回路の回路図およびシミュレーション結果

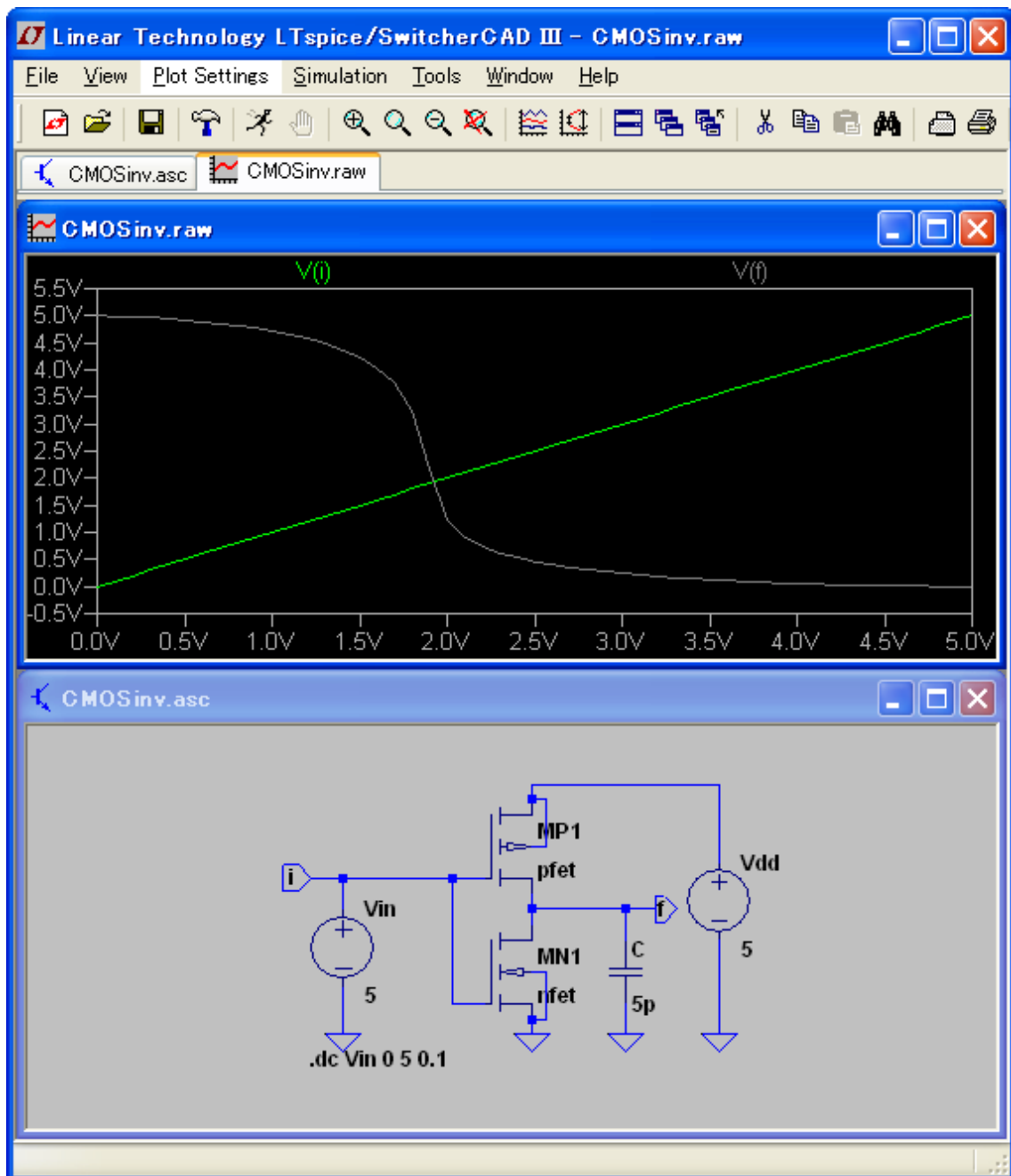


図 24 : CMOS インバータの回路図およびシミュレーション結果

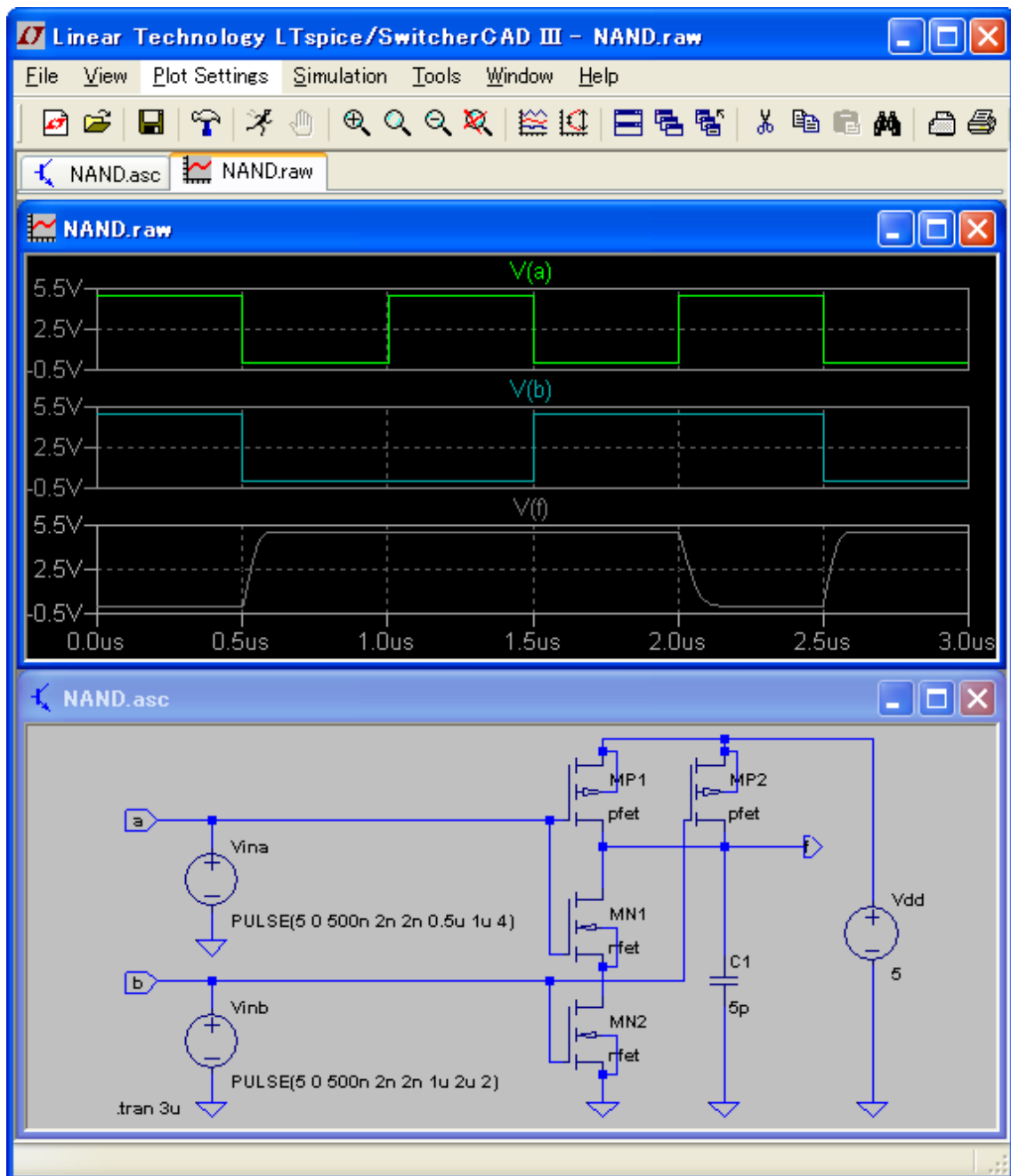


図 25 : NAND 回路の回路図およびシミュレーション結果

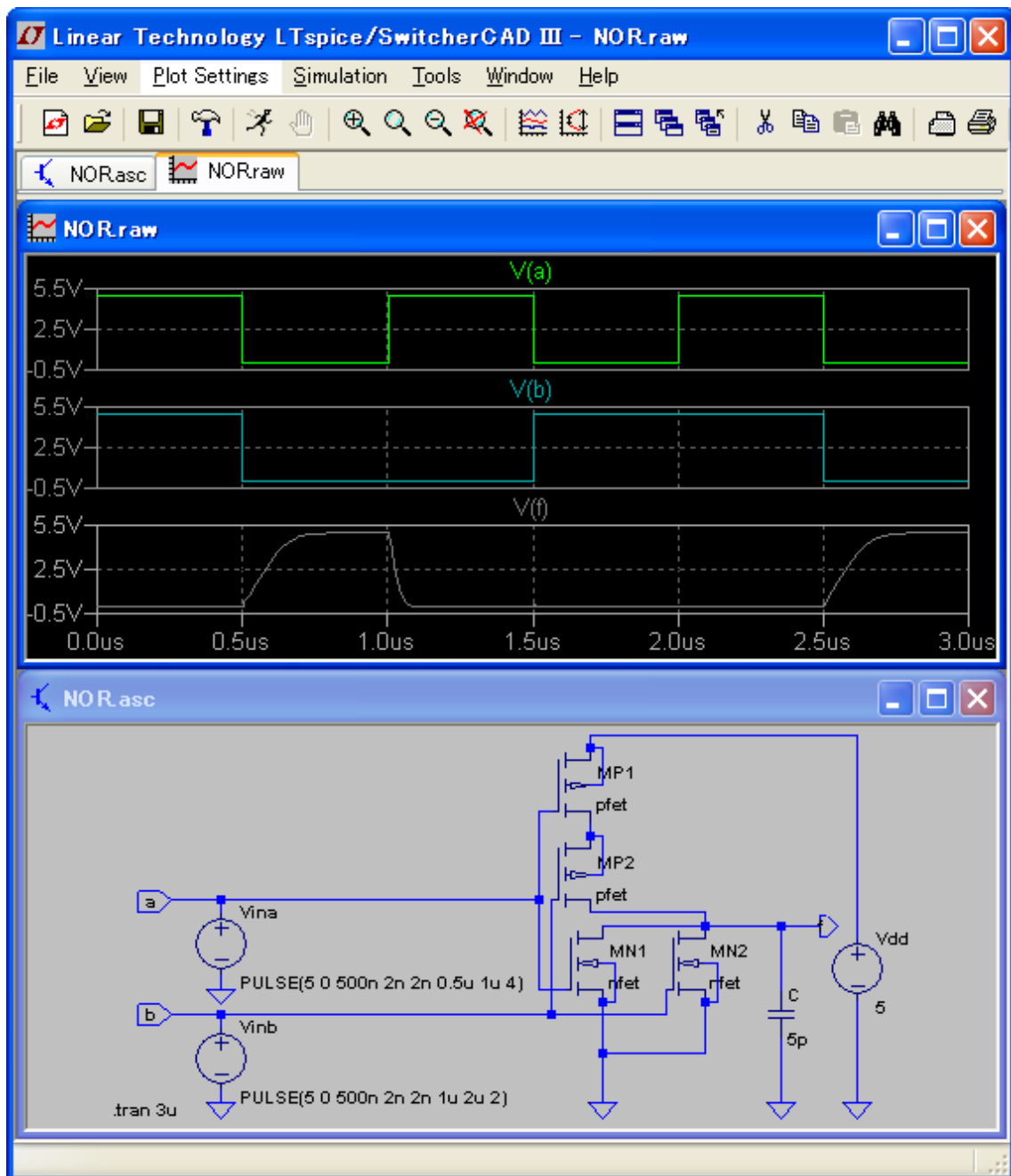


図 26 : NOR 回路の回路図およびシミュレーション結果