

LTSpice/SwCADⅢ入門


Copyright by Kimio Kosaka

2008.11.11 (Ver 1.04)

LTSpice/SwCADⅢはリニアテクノロジー社が提供している無料の回路シミュレータである。ここでは、一石トランジスタアンプのシミュレート为例に LTSpice/SwCADⅢの基本操作を習得する。

1. 起動

SwCADⅢのアイコンをダブルクリックし起動させる。

起動したら、画面左上の  アイコンをクリックする（もしくはメニューから File-New schematic を選ぶ） 図 1 のスキマティック(schematic : 回路図)画面となる。

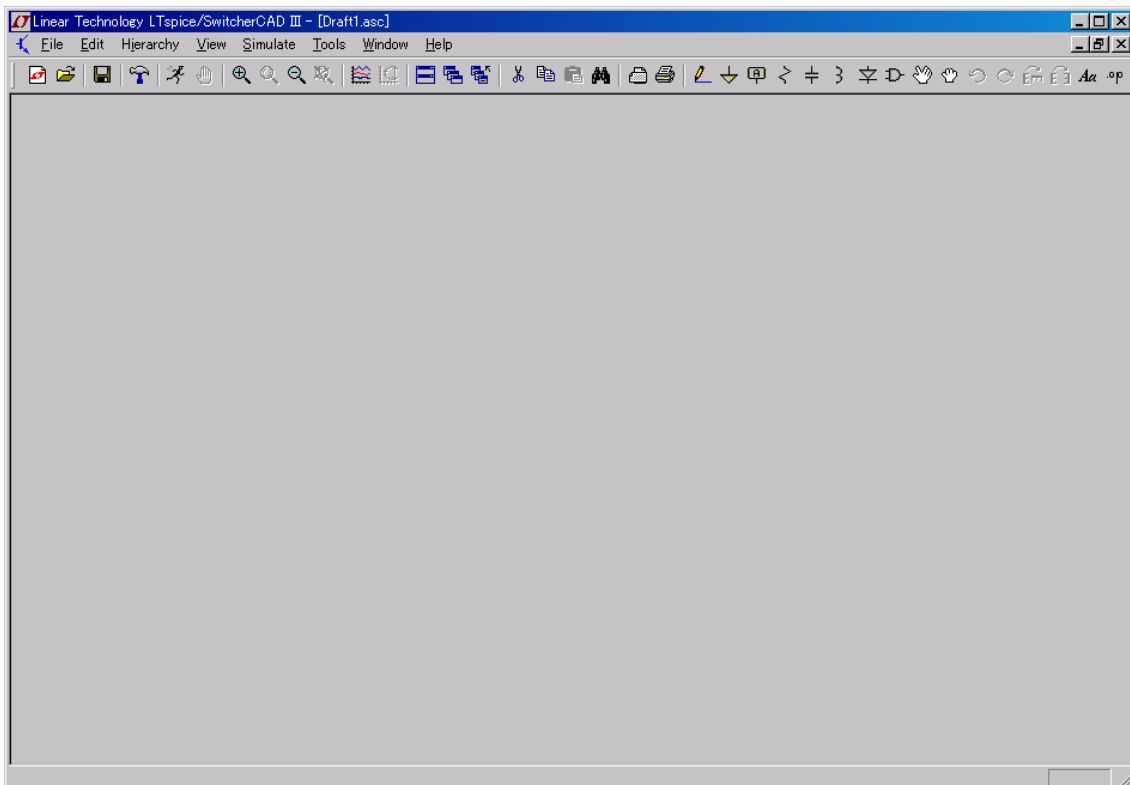


図 1

2. 回路の入力

図2の1石トランジスタアンプの回路を入力する。

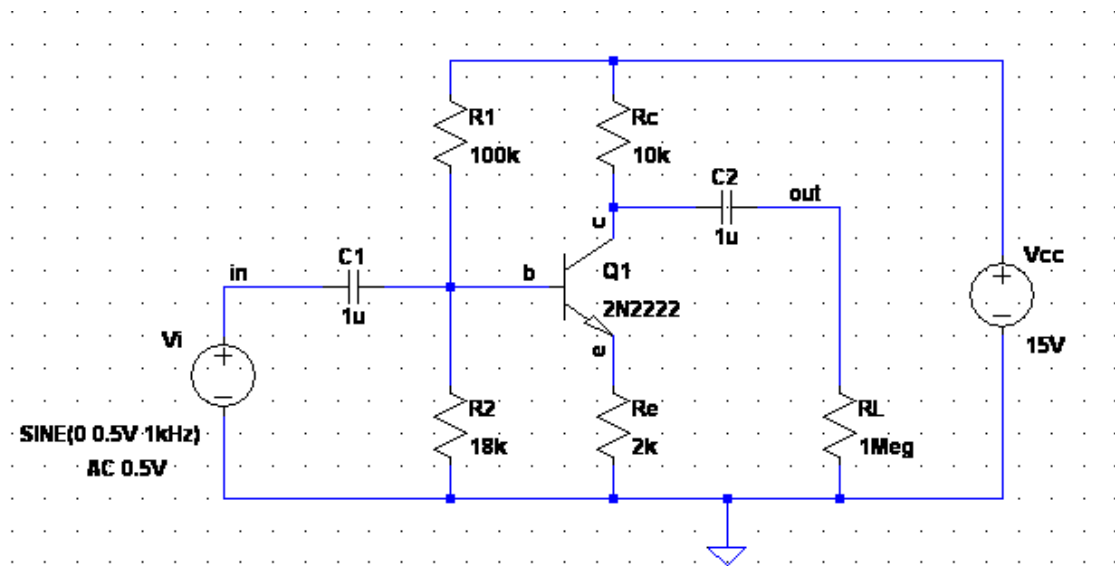


図 2

回路図は図3のツールバーのアイコンやキーボードショートカットを用いて作成する。各アイコンの機能説明の一覧を巻末の「付録：アイコンの機能」に記載した。

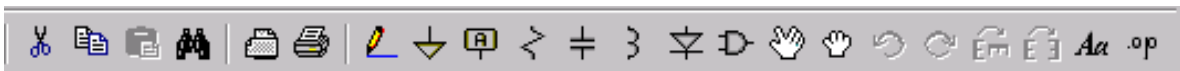


図 3

(0) 準備

- ① スケマティック画面にグリッド点を表示させる。

CTRL+Gを入力。

- ② 「μ」の字化けの回避。

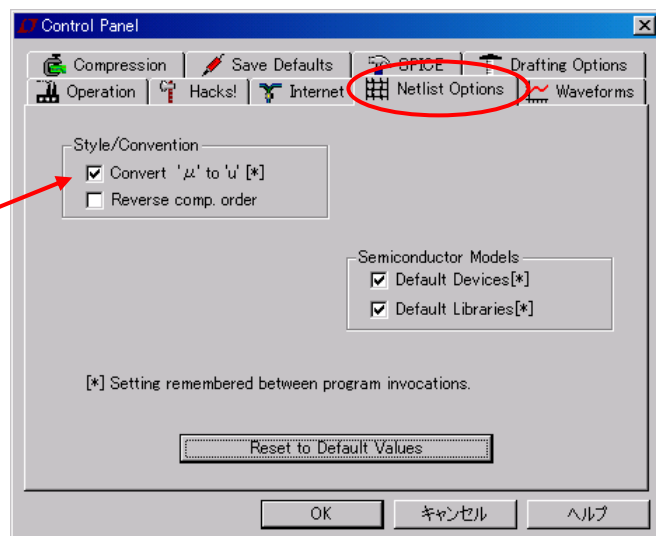


をクリックし Netlist

Option のタブを選択して

Convert 'μ' to 'u' [*]

にチェックを入れる。



(1) 部品の配置

① トランジスタ



をクリック。図4の部品選択ダイアログが表示される。(ショートカット[F2])

部品メニューの npn をクリック。OK をクリック。スキマティック画面に配置する。

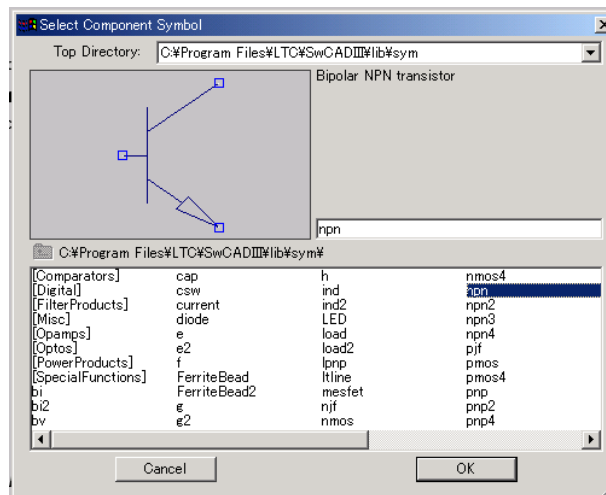


図 4

② 抵抗



をクリックする。(ショートカット R) スキマティック画面に配置する。

③ コンデンサ



をクリックする。(ショートカット C)

CTRL+R で回転させ、スキマティック画面に配置する。

④ 信号源と電源



をクリックする。(ショートカット [F2])

メニューから voltage を選択。スキマティック画面に配置する。

⑤ グラウンド





をクリックする。(ショートカット G) スキマティック画面に配置する。

注意！

回路には必ず、グラウンドが一つ以上、配置・接続されていなければならない。

(2) 配線

 をクリックする。(ショートカット[F3])

 カーソルで接続する部品の端子や配線をクリックして接続する。

(3) 配線ラベル



 をクリック) する。(ショートカット[F4])

図 5 の配線ラベル設定ダイアログが開く。ABC 欄に配線ラベル名を入力し OK をクリックすると、カーソルがラベルオブジェクト  となる。

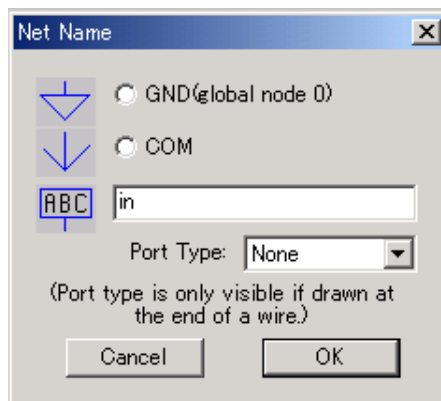



図 5

ラベルオブジェクト  をラベルを付けたい配線に合わせクリックする。

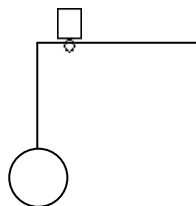


図 2 の回路図のように、

信号入力 in, 信号出力 out, トランジスタのコレクタ c, ベース b, エミッタ e の 5ヶ所に配線ラベルをつける。

(4) 部品番号の変更

部品番号にマウスカーソルを合わせて右クリックすると図6が開く。

テキストボックスに新たな部品番号を入力して、OK をクリックする。

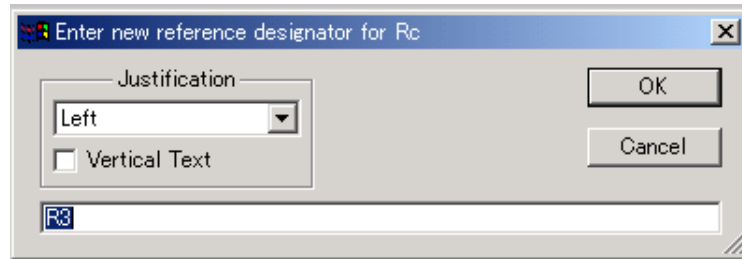


図 6

(5) 抵抗・コンデンサの定数の入力

部品にマウスカーソルを合わせ「指マーク」になったところで右クリックする。

図7が開く。(図7は抵抗 R1 の場合)

定数入力欄に値を入力して OK をクリックする。

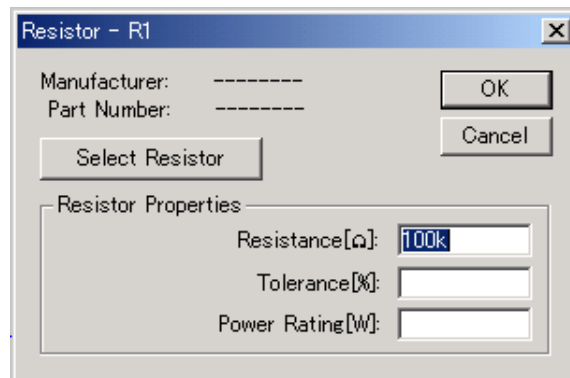


図 7

補助単位

p (ピコ), n (ナノ), u (マイクロ), m (ミリ),
k (キロ), Meg (メガ), G (ギガ), T (テラ)

注意：SPICE は大文字と小文字を識別しないので M はミリと認識する。

メガの場合は必ず Meg, MEG, meg のように記述する。

(6) トランジスタの型番入力

- ① トランジスタにマウスカーソルを合わせ「指マーク」になったところで右クリックする。図8が開く。

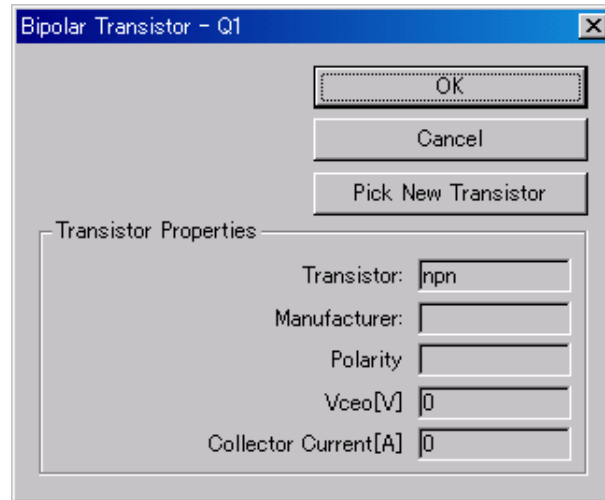


図 8

- ② Pick New Transistor をクリックする。図9が開く。メニューから 2N2222 を選択してOKをクリックする。

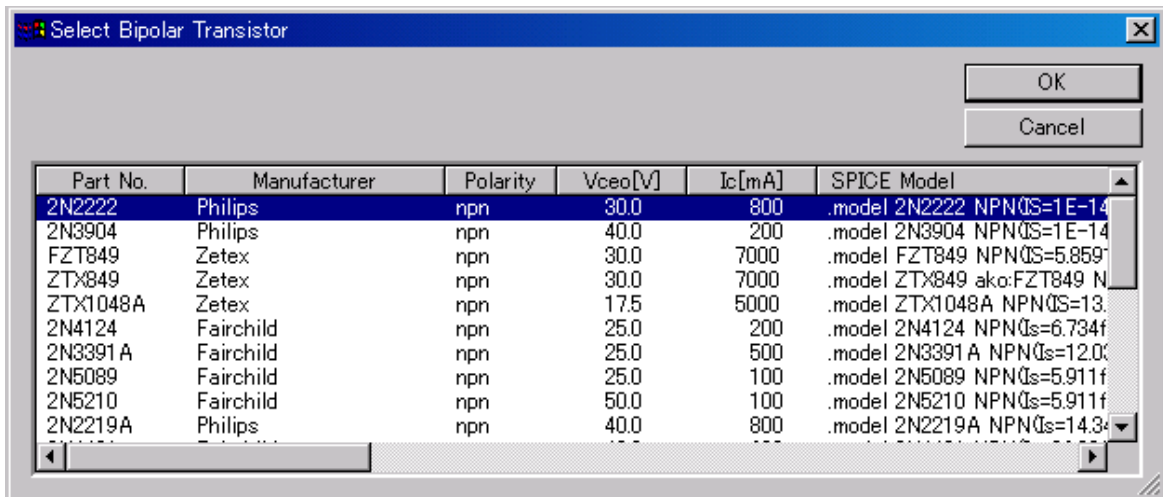


図 9

(7) 電源電圧

電源 Vcc にマウスマウスカーソルを合わせ「指マーク」になったところで右クリックする。

図 10 が開く。DC Value に電圧を設定して OK をクリック

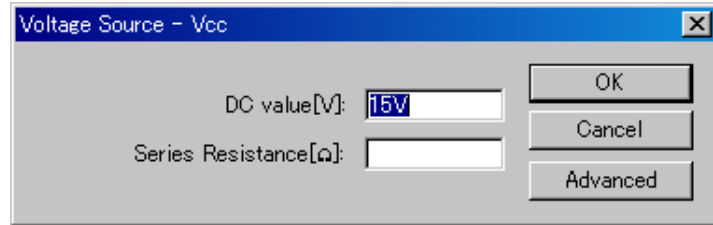


図 10

(8) 信号源

信号源 Vi にマウスマウスカーソルを合わせ「指マーク」になったところで右クリックし

図 10 が開いたら、さらに Advanced をクリックする。図 11 が開く。

図 11 のように設定し OK をクリックする。

過渡解析に用いる信号源 Vi の波形を選択する。
今回は SINE（正弦波）を選択する。

AC 解析に用いる信号源 Vi の振幅を入力する。

過渡解析に用いる信号源 Vi の振幅と周波数を設定する。

図 11

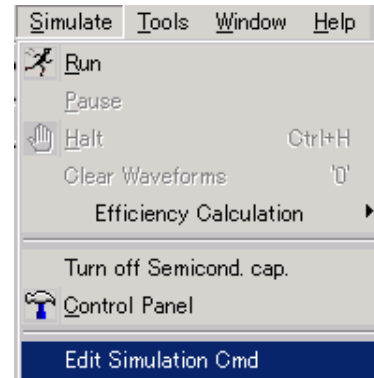
3. シミュレーション

(1) 過渡解析

過渡解析は回路の電圧電流をオシロスコープで測定したように時間波形をグラフ表示する。

① 過渡解析の設定

メニューから **Simulatey** → **Edit Simulation Cmd** と進むと、図 12 のシミュレーションコマンド編集ダイアログが開く。解析条件を次のように設定する。



電源投入から 4 mS 間を過渡解析する。
 コンデンサの充電時間は考慮しない。
 解析間隔（最大時間ステップ）は SPICE におまかせ。

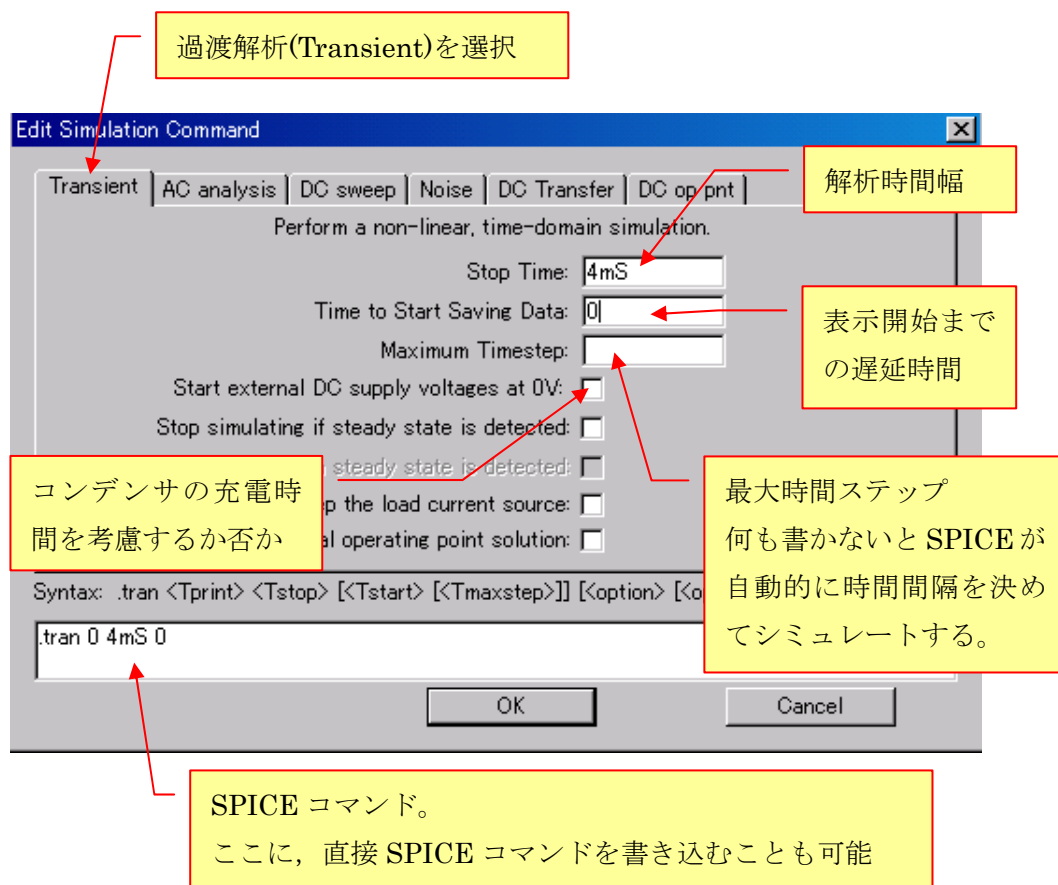


図 12

OK をクリックすると、カーソルが SPICE コマンドボックスとなるので、スキーマティック画面上の適当なところに配置する。

② シミュレーションの実行



ボタンをクリックすると、グラフ表示待機画面（図 13-1）となる。

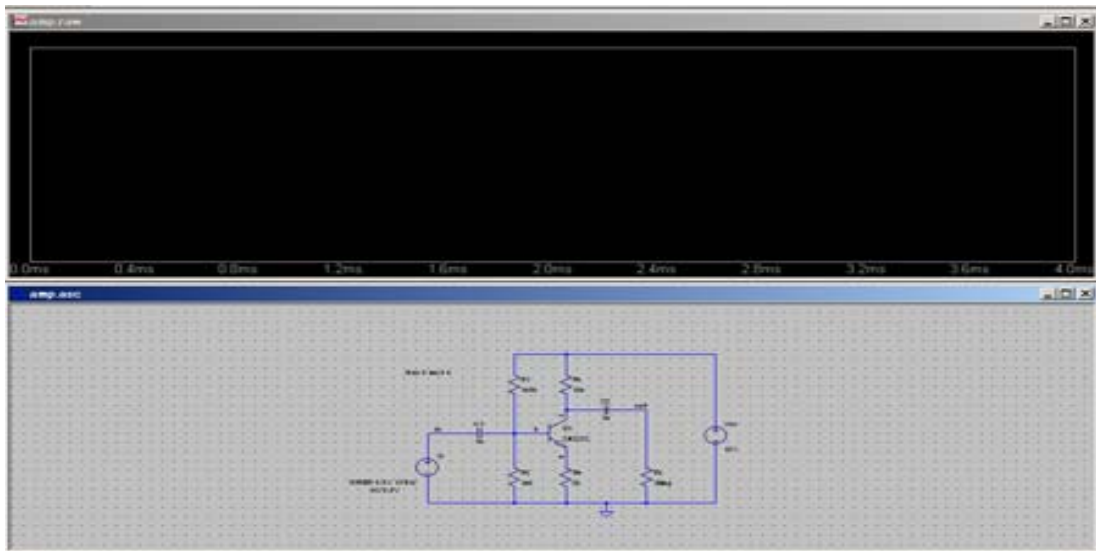



図 13-1

③ グラフ表示する信号の選択

ツールバーの Pick Visible Traces ボタン  をクリックするとグラフ表示する信号の選択ダイアログ（図 13-2）が開く。

CTRL キーを押しながら信号入力電圧 V(in)と出力電圧 V(out)をクリックする。

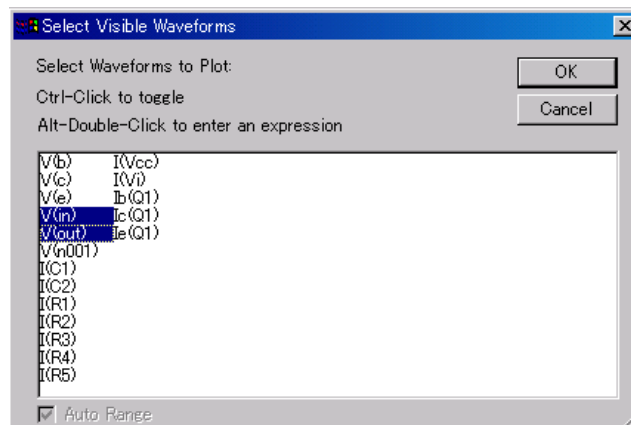


図 13-2

OK をクリックすると、図 14 のようにシミュレーション結果がグラフ表示される。

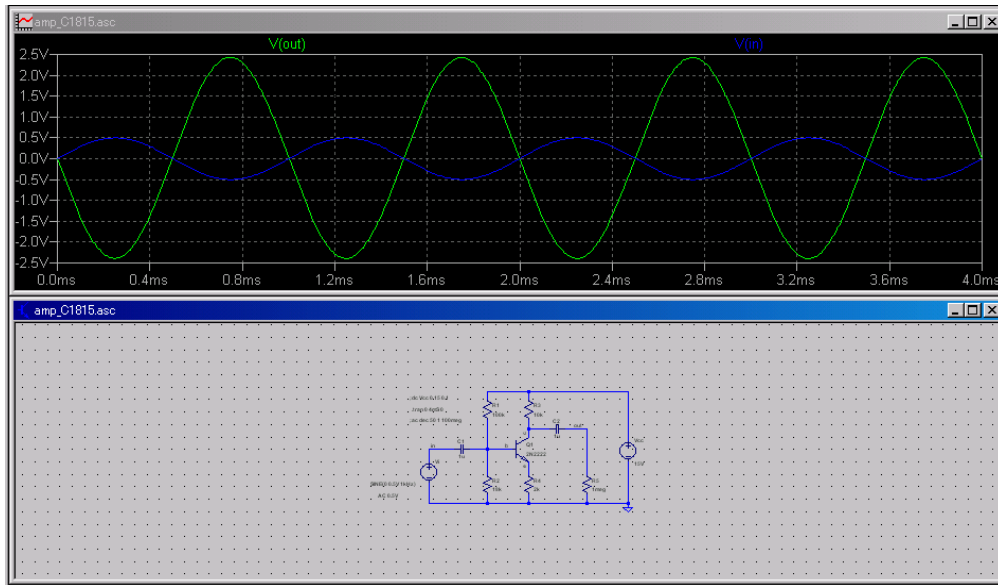


図 14

④ 回路定数を変えてシミュレート。

グラフ画面を閉じてスキーマティック画面を最大化する。

マウスを変えたい部品に合わせ「指マーク」で右クリックし定数を変更する。

ここでは、入力信号の振幅（過渡解析用）を 1.0V として見る。



をクリックして再度シミュレーションを実行する。

入力信号の振幅を 1.0V とすると、図 15 のように出力波形が歪むことがわかる。

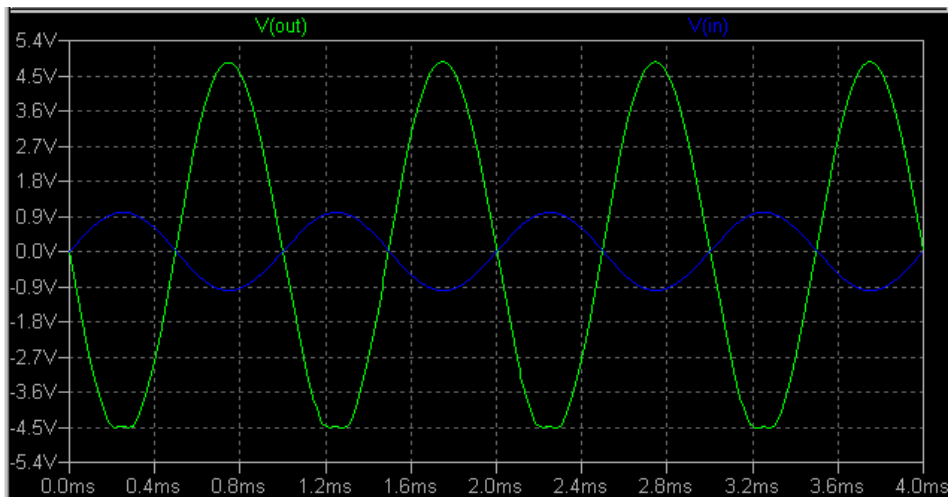


図 14

入力信号の振幅（過渡解析用）を 0.5V にもどす。

(2) AC解析 (周波数特性, 位相特性)

AC解析はネットワーク・アナライザで測定したような周波数特性のグラフ表示する。

① AC解析の設定

過渡解析と同様に, シミュレーションコマンド編集ダイアログを開く。
解析条件を次のように設定する。

周波数範囲 1 Hz~100 MHz

横軸 (周波数) は対数スケール

解析点は各 50 ステップ

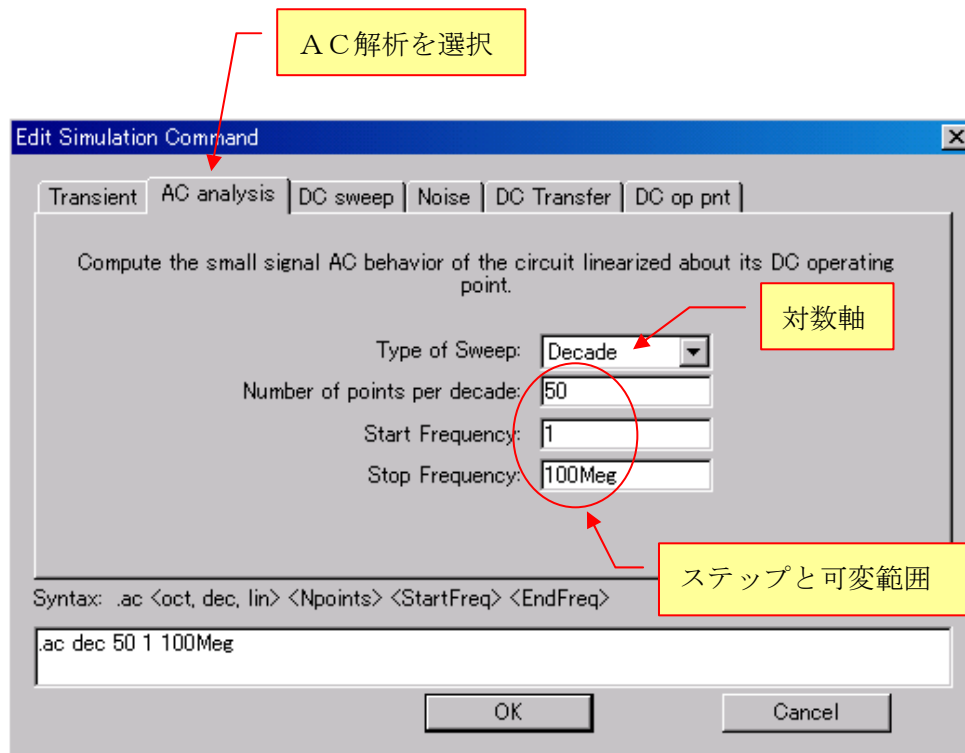


図 15

② シミュレーションの実行



をクリックしてシミュレーションを実行する。V(out)をグラフ表示する。

解析結果は図 1 7 のようになる。

横軸は周波数、左縦軸は 1V を 0 dB としたときのデシベル、右縦軸は度数の表示となっている。実線が周波数特性、破線が位相特性を表す。

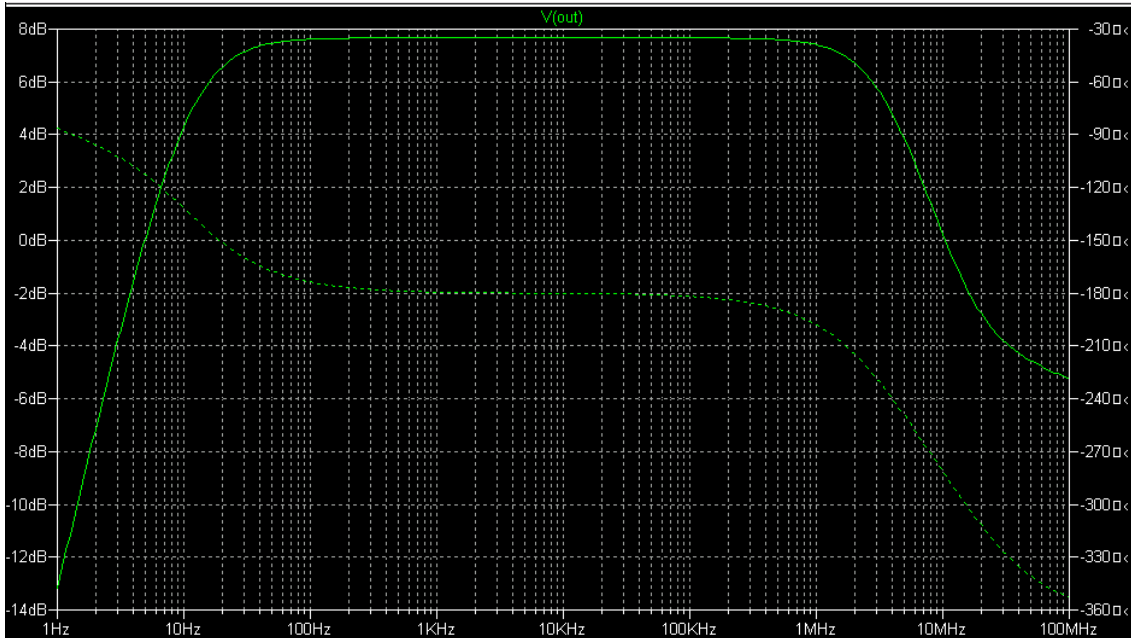


図 16

③ 「目盛り」の変更

グラフ画面上で目盛り軸にカーソルを合わせ「物差しアイコン」になったら左クリックする。「目盛り」の変更ダイアログが開く。

図 16 左縦軸を左クリックすると、図 18 が開く。

左側の目盛り軸を、実電圧表示、0～3V、0.2V 刻みとする。

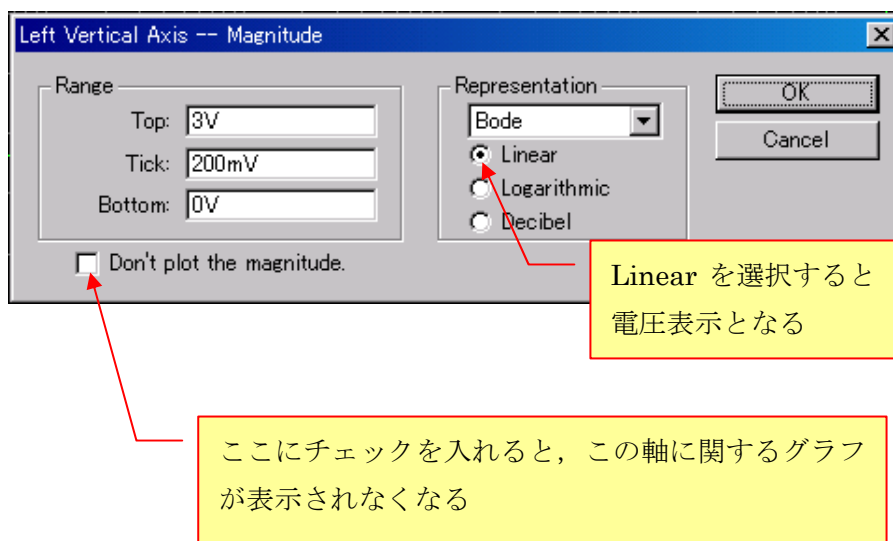


図 17

(3) DC解析

DC解析は、直流電源の値を変ながらテスターで測定しプロットしたような各部の電流・電圧のグラフを表示する。

① DC解析の設定

シミュレーションコマンド編集ダイアログを開く。図19
解析条件を次のように設定する。

Vccを0~15Vまで変化させる。0.1Vステップ

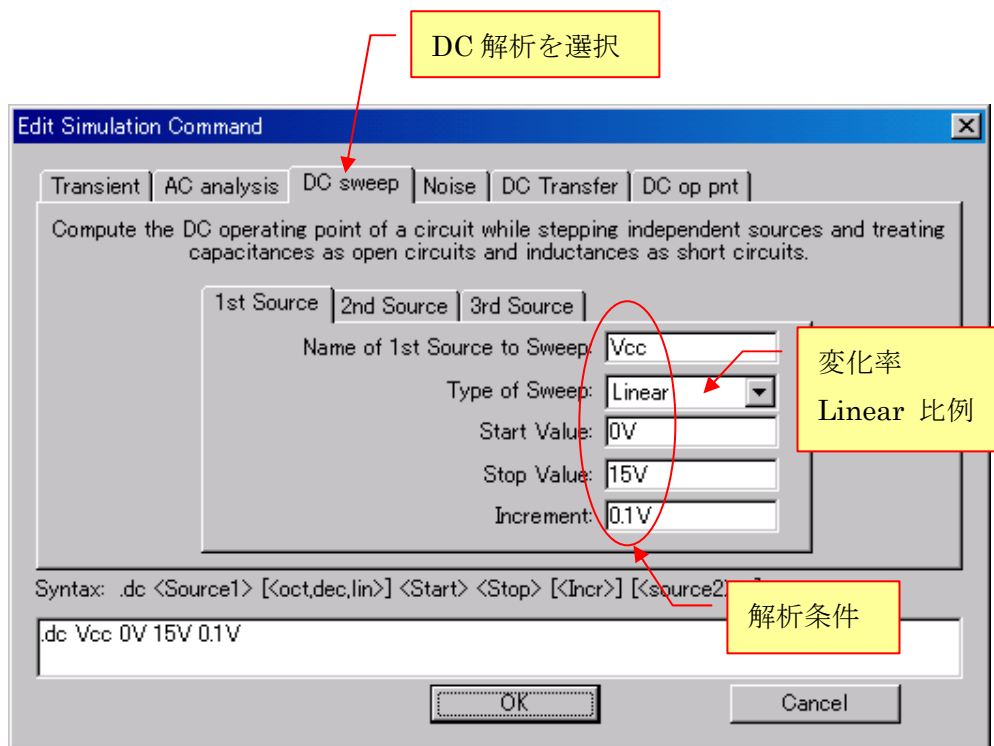


図 18

② シミュレーションの実行



をクリックしてシミュレーションを実行する。V(b), V(c), V(e)をグラフ表示する。
解析結果は図20のようになる。

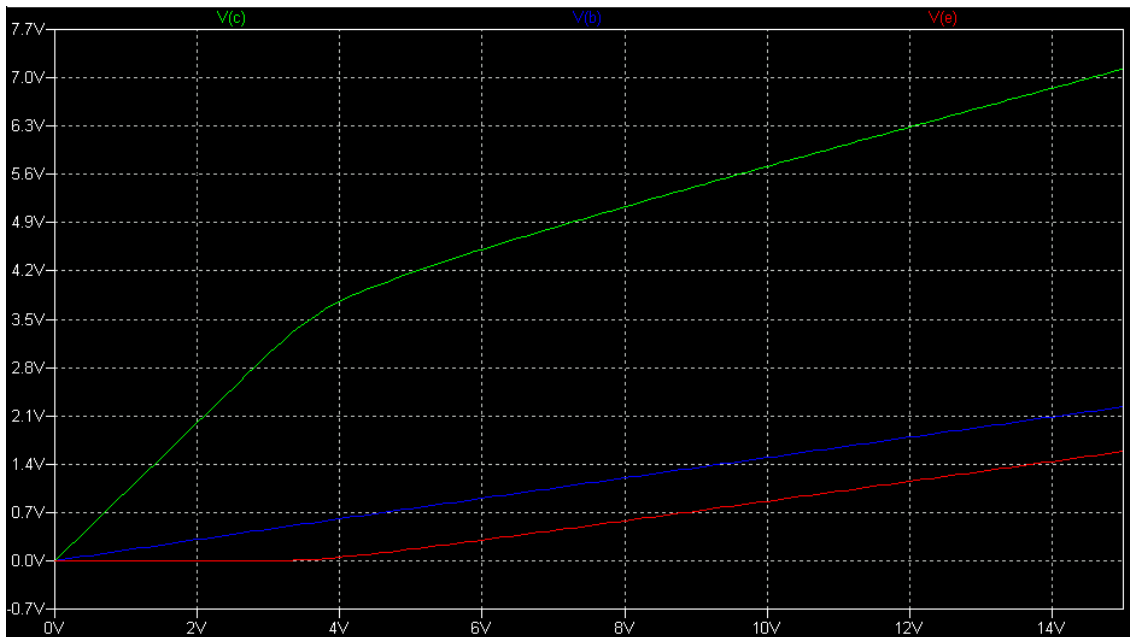


図 19

スキマティック画面に移動して、トランジスタのコレクタ端にカーソルを近づけ電流プローブが表示されたら左クリックすると、コレクタ電流がグラフ表示される。電流目盛りは右縦軸である。

4. 演習

抵抗 R_e にコンデンサ $1\mu\text{F}$ を並列に接続する。

(1) 過渡解析し、 $V(\text{in}), V(\text{out})$ を表示する。

- ① おそらく $V(\text{out})$ が大きく歪む。 $V(\text{out})$ が歪まない最大入力電圧 $V(\text{in})$ を探れ。
- ② そのときの、おおよその増幅度を求めよ。










(2) AC解析し、 $V(\text{out})$ を表示する。

- ① まず、信号源 V_i のAC解析用の電圧の振幅を(1)-①で求めた値に変更せよ。
- ② 周波数特性、位相特性が劣化したことを確かめよ。
- ③ このコンデンサを $10\mu\text{F}$, $47\mu\text{F}$, $100\mu\text{F}$, $200\mu\text{F}$ に取り替えて周波数特性、位相特性が改善されてゆくことを確かめよ。

付録 アイコンの機能

ほぼ全てのアイコンは、メニューEditよりプルダウンメニューとしても利用できる。

表のショートカットキーを用いることも可能である。

アイコン	動作	ショートカット
	環境設定	
	シミュレーション開始	
	画面の拡大	CTRL+Z
	画面の移動 マウスで左クリックしたところが画面の中心になる。	
	画面の縮小	CTRL+B
	全体表示	
	部品・配線の削除 個々の部品または配線をマウスで左クリックすることで削除する。 左ドラッグで領域を選択し、領域内の部品と配線を削除できる。 ESC キーまたはマウス右クリックにより解除。（以下 ESC 解除と記す）	F 5
	コピーモードへの移行 コピーモードになると、左クリックした部品や配線などのオブジェクトがコピーされる。 コピーされたオブジェクトは、もう一度左クリックすると配置される。 左ドラッグで領域を選ぶと、その領域内の複数のオブジェクトがコピーできる。（ESC 解除）	F 6 CTRL+C
	配線 部品の端子間もしくは配線間を結線。（ESC 解除）	F 3
	グラウンド(0 電位) アイコンをクリック後スキマティック画面上で左クリックすることによりグラウンドをその場所に配置。（ESC解除）	G
	配線ラベルの作成と配置。（ESC解除）	F 4

	抵抗を配置。(ESC 解除)	R
	コンデンサを配置。(ESC 解除)	C
	コイルを配置。(ESC 解除)	L
	ダイオードを配置。(ESC 解除)	D
	メニューから回路素子を選択して配置。(ESC 解除)	F 2
	部品や配線などオブジェクトの選択 選択した後、移動・部品の回転・反転が可能	F 7
	オブジェクトの配線が接続された状態での選択。 選択後、配線が接続された状態で移動・部品の回転・反転が可能。(これを、「ラバー・バインド」という) 左ドラッグで複数のオブジェクトを選択できる。	F 8
	操作をひとつ前にもどす(アンドゥ)	F 9
	操作をひとつ前に進める(リドゥ)	SIFT+F9
	オブジェクトの時計回り 90° の回転。 部品の配置時もしくは移動時に部品を選択したまま、このアイコンをクリックすることで回転ができる。	CTRL+R
	オブジェクトの左右反転。 部品の配置時もしくは移動時に部品を選択したまま、このアイコンをクリックすることで左右反転ができる。	CTRL+E
	コメントの作成。 スキマティック画面上にコメントが配置できる。 漢字はスキマティック上での表示が化ける。 スキマティック画面上のコメントはその上でマウス右クリックすると再編集が可能。	T
	SPICEコマンドの作成。 スキマティック画面上にSPICEコマンドを書き込む。 画面上のコマンドをマウス右クリックにより再編集が可能。コマンド行先頭に;を付して一時的にコマンドを無効にすることができる。	S

参考サイト

LTSpice/SwCADⅢダウンロードサイト

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

本書の執筆にあたっては、操作法の多くについて下記の NAKAMURA Toshio 氏のサイト「LTspice によるシミュレーション例」から、引用させていただいた。

<http://homepage1.nifty.com/ntoshio/rakuen/spice/>