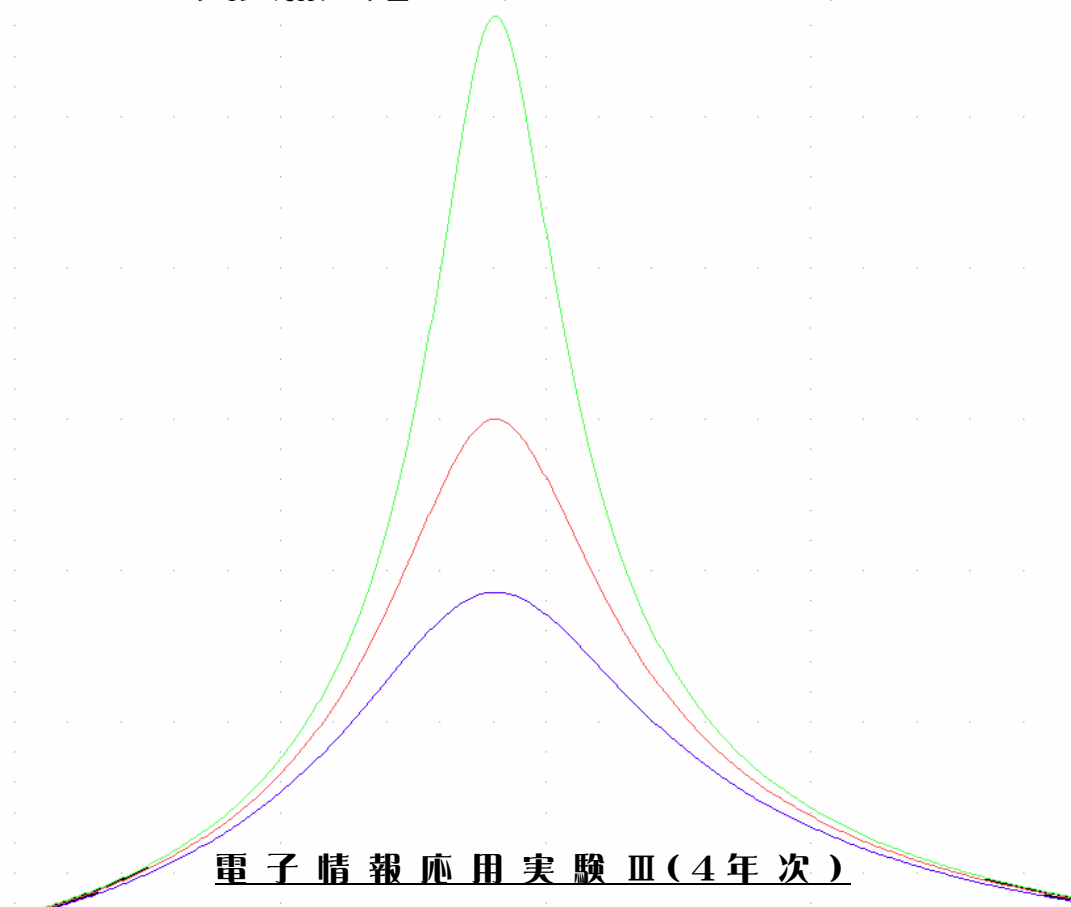


*PSpice*による 電子回路シミュレーション

f o r W i n d o w s X P

演習マニュアル *Ver.3.0* オンライン版

直列共振回路をモデルとしたマニュアル



電子情報応用実験Ⅲ(4年次)

電子情報実験Ⅲ(3年次)
電子情報創生実験(3年次)

電子情報実験Ⅰ・Ⅱ(2年次)

福岡工業大学
工学部
電子情報工学科

まえがき

この「PSpiceによる電子回路シミュレーション演習用マニュアル」は、回路シミュレータ PSpice をメインとして構成されたデザインセンタについての基本操作と演習方法を説明しています。

PSpice はアナログおよびアナログとデジタルの混在回路のシミュレータです。実際のハードウェアを組み立てずに、設計回路のシミュレーションおよびテストを行うことができます。異なる入力に対する時間応答、異なる周波数での応答、ノイズおよびその他の回路に関する詳細な情報が計算されます。回路シミュレーションにより実際に回路を組み立てる前に“コンピュータによる試作回路”を作成して、回路のテストおよび改善を実行することができます。

一般に初心者には電子回路の参考書はどういう動作をするのか分かりづらい回路図が数多く掲載されていて、説明を読んでも理解しづらいことがあります。また、初心者が部品を集めて実験を行い確認するというのも簡単ではありません。そこで、この PSpice を用いて参考書に掲載されている回路の動作を確認しながら学習すれば、より早く理解することができます。

このマニュアルは、入門者にも「分かりやすく」を目標に、次の点に留意しています。

- (1) 一つの基本コマンドについて、使用方法の一つ一つを丁寧に解説します。
- (2) わかりにくいところは、多くの画像を入れ説明します。
- (3) 基本コマンドを操作している途中で起こりうるエラーと、それを解決する方法を説明しました。

このマニュアルは3章構成でそれぞれ次のような構成になっています。1章では Windows の起動と終了、あとマウスの基本操作を説明しています。2章ではデザイン・センタの概要を書いており、PSpice での解析の流れを説明しています。3章では回路図作成および回路解析について書いており、演習課題を実行する場合には、3章の内容を参照すればスムーズに行うことができます。

さらにこのマニュアルはオンラインでも使用できます。それは目次や索引、文中などからハイパーリンクで目的のページや言葉等にすぐにいけるようになっているのでその方がつかいやすいという人、またはこの演習に興味をもち、自分の家でも PSpice を使いたいという人はオンライン版のこのマニュアルを活用してください。あとこのマニュアルはオンライン版を印刷したもののなので製本版には関係ない部分がありますが気にしないでください。

’06.2.27 久保嘉輝、鯖江雄也、小池勲

P S p i c eによる 電子回路シミュレーション

f o r W i n d o w s X P

演習マニュアル V e r . 3 . 0

オンライン版

目 次

第 1 章 基本操作	4
1. 1 Windows XPの起動と終了	4
1. 1. 1 Windows XPの起動	4
1. 1. 2 マウスの基本操作	4
1. 1. 3 Windows XPの終了	4
第 2 章 デザイン・センタの概要	5
第 3 章 回路図作成および回路解析	8
3. 1 回路図設計	8
3. 1. 1 対象とする回路と特性	8
3. 1. 2 回路図の作成	9
3. 1. 3 回路図の保存	11
3. 1. 4 配線チェック	12
3. 1. 5 素子の属性入力・保存	12
3. 1. 6 回路図の上書き保存	13
3. 1. 7 回路図の印刷	14
3. 2 ネットリスト	15
3. 2. 1 ネットリストの作成	15
3. 2. 2 ネットリストの検証	15
3. 3 シミュレーションとグラフ表示	16
3. 3. 1 解析(シミュレーション)設定	16
3. 3. 2 シミュレーション計算	17
3. 3. 3 グラフ図表示	18
3. 3. 4 グラフ図の整理	19
3. 3. 5 グラフ図印刷	20
3. 3. 6 グラフ図の計測	21
3. 3. 7 ネットリストの整理・印刷	22
付録 1 マーカの使い方	24
付録 2 エラー発生例とその処置法	25
用語集	26
索引	27

第 1 章 基本操作

1. 1 [Windows XP](#)の起動と終了

1. 1. 1 [Windows XP](#)の起動



図 1. 1

- (1) パソコン本体の右上の電源(MAIN SW)をonし、しばらく待ちます。
- (2) 「ログオンするには、Ctrl+Alt+Delキーを押してください」と表示されるので、CtrlキーとAltキーとDelキーを同時に押します。
- (3) 「ユーザー名とパスワードを入力して下さい」と表示されるので、ユーザー名(学籍番号)とパスワードを入力し、**OK**をクリックします。
この操作によりあなたのフォルダが使用できます。

1. 1. 2 マウスの基本操作



図 1. 2

マウスを使った操作は、次のようになります。

- | | |
|----------|---|
| クリック | : ボタンを1回押すことです。以下、単に”クリック”と表記してある場合は、マウスの左ボタンをクリックすることを意味します。 |
| ダブル・クリック | : ボタンを2回続けて素早く押すことです。 |
| ドラッグ | : ボタンを押したままマウスを動かすことです。この動作によってポインタの下にあるものを掴んで、動かすことができます。 |

上の3つの操作は、マウス操作の基本で頻繁に出てくるのでしっかり覚えましょう。特にダブル・クリックはボタンを押す感覚に慣れるまで、うまくいかないかもしれません。

1. 1. 3 [Windows XP](#)の終了

- いきなり電源をoffしないで、つぎの操作を行って終了させてください。
- (1) カーソルを画面の1番下にもっていき、タスクバーの**スタート**をクリックします。
 - (2) 表示されるコマンドの最下部の”シャットダウン”をクリックします。
 - (3) 「コンピュータをシャットダウンする」にポイントがあるのを確認し、**OK**をクリックし、しばらく待つと本体の電源が自動でoffになります。その後モニターのスイッチをoffにします。

第2章 デザイン・センタの概要

この[デザイン・センタ](#)は、以下のような操作と作業を行います（図2. 1）。

回路図エディタ [Schematics](#)（スキマティックス）では、シンボル・ライブラリからシンボルを呼び出し、それをコンピュータの仮想回路図面に配置して回路図を作成します。回路図が完成すると、3種類のファイル（*.net, *.cir, *.als）が作成されます。その中の“*.cir”の拡張子を持つファイルが[PSpice](#)に読み込まれてシミュレーションを行います。

シミュレーションが終わると、波形表示をする[Probe](#)（プローブ）に、結果の書き込まれたデータ・ファイル（*.dat）が読み込まれ、回路中のノード電圧、素子に流れる電流をグラフ化します。出力ファイル（*.out）には解析結果や、エラーが起きた場合のエラーメッセージが書き込まれます。

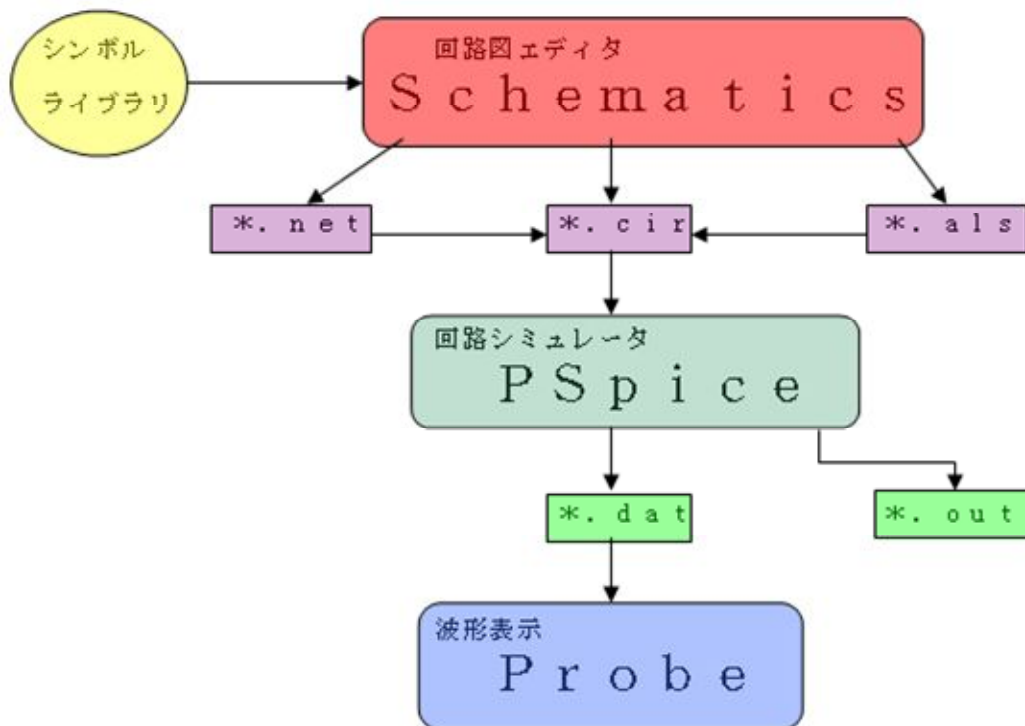


図2. 1 [デザイン・センタ](#)のフローチャート

ここでは直列共振回路を例にとって、[デザイン・センタ](#)での解析の流れを説明していきます。以下の通りに自分で実行してみてください。

(1) [Windows XP](#)が立ち上がった画面上に図2. 2のような[Schematics](#)のショートカットがあります。ポインタをその上に持っていきダブル・クリックし、図2. 3のような[Schematics](#)の画面を開きます。

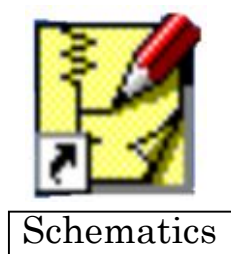


図2. 2

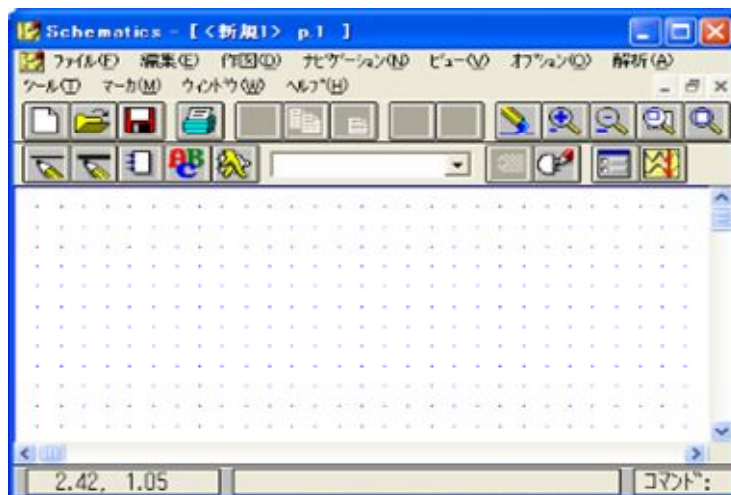


図2. 3

(2) [Schematics](#)を開いたら、タイトル・バーが<新規>となっていますので、例として直列共振回路のファイル呼び出します。

まず、前もって準備されている共振回路例"KYOSHIN. SCH"を使用できるように自らのフォルダにコピーします。①デスクトップにあるマイコンピュータのアイコンをダブルクリックします。②ネットワークドライブのフォルダ""Caeserver01'のEducation"(Y:)をダブルクリックし、"演習用共振回路例"を右クリックします。③"演習用共振回路例"をコピーし、フォルダ""Caeserver01'の(学籍番号)"の中で貼り付けます。これで共振回路例が使用できるようになります。

つぎに、[Schematics](#)に読み込みます。④[Schematics](#)のウィンドウ上部にある図2. 4の①のアイコンをクリック（または、「ファイル(F)」の中から「オープン(O)」をクリック）すると、図2. 5のようなダイアログボックスが表示されます。⑤"ファイルの場所"の下向き矢印をクリックし、""Caeserver01'の(学籍番号)"をダブルクリックします。⑥図2. 6のように""Caeserver01'の(学籍番号)"の中に入っている「演習共振回路例」というファイル名が表示されるので、その中の"KYOSHIN. SCH"をクリックした後に、**開く(O)**をクリックすると、図2. 4のような直列共振回路が表示されます。

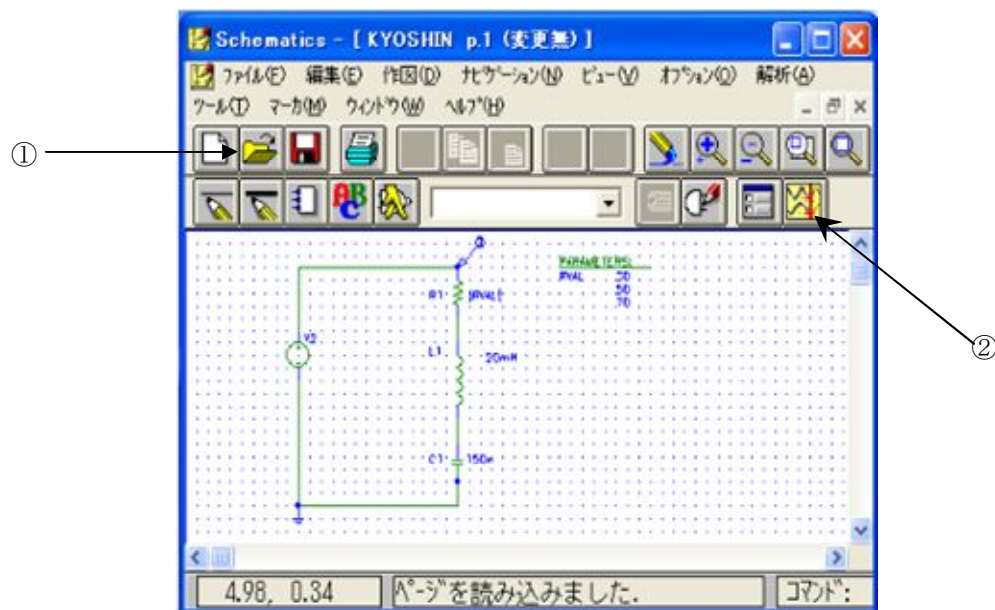


図2. 4

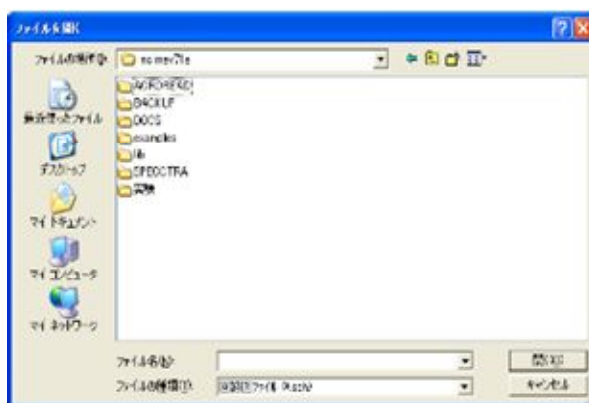


図2. 5

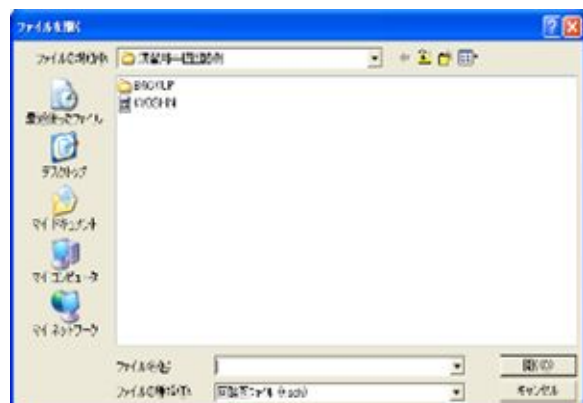


図2. 6

- (3) 直列共振回路をシミュレーションさせます。図2.4の②のアイコンをクリック（または、[Schematics](#)の「解析(A)」の中から「シミュレーション(S)」をクリック）するとシミュレーションが行われます。
- (4) シミュレーションが終わると、[Probe](#)(プローブ)が自動的に起動します。[Probe](#)(プローブ)が起動すると図2.7のようなダイアログボックスが表示されるので、**全部(A)**をクリックした後、**OK**をクリックすると直列共振回路の特性がグラフ表示されます。(図2.8)

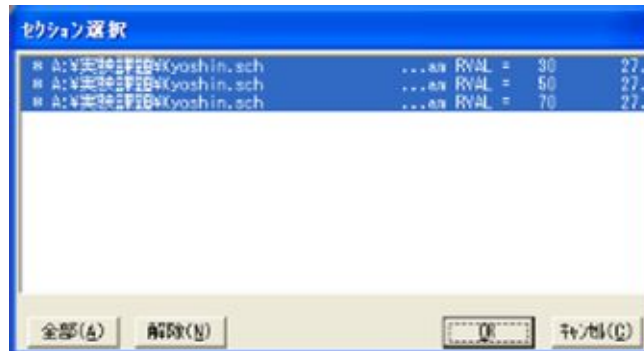


図2.7

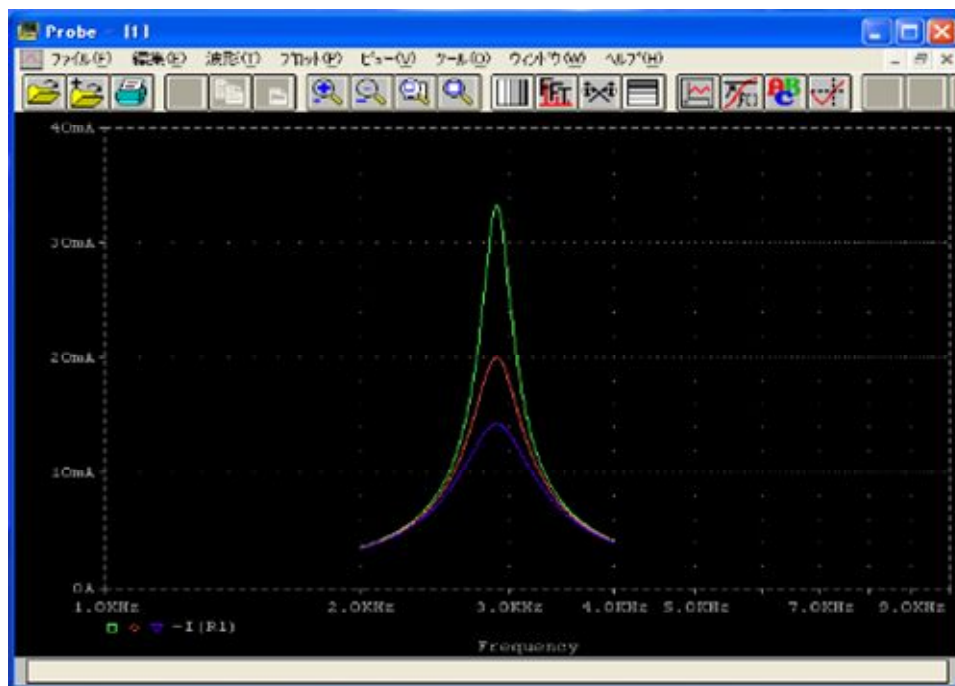


図2.8

- (5) グラフを表示したウインドウ([Probe](#))、シミュレーションを行ったウインドウ([PSpice](#))を閉じます。それぞれのウインドウの右上にある閉じるボタン \times をクリックします。そして [Schematics](#) のウインドウに戻ってきたらまたは、「ファイル(F)」の中から「新規作成(N)」をクリックして回路図を消します。

以上が、[デザイン・センタ](#)での解析の流れです。おおまかな流れは理解できたと思います。それでは、次章より詳しい内容に入っていきます。

第3章 回路図作成および回路解析

3.1 回路図設計

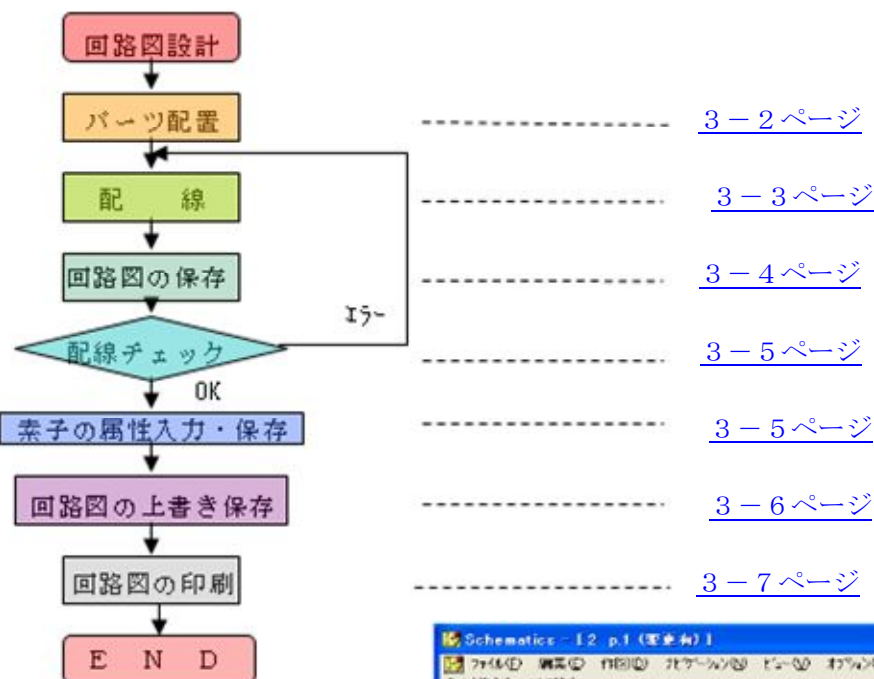


図3.1 回路設計のフローチャート

3.1.1 対象とする回路と特性

ここで対象とする回路は直列共振回路です。

[問題設定]

図3.2のような直列共振回路を対象とし

$$V = 1 \sin \omega t \text{ [V]}$$

$$L = 1 \text{ [mH]}$$

$$C = 0.1 \text{ [\mu F]}$$

$$R = 4.7, 10, 47 \text{ [\Omega]}$$

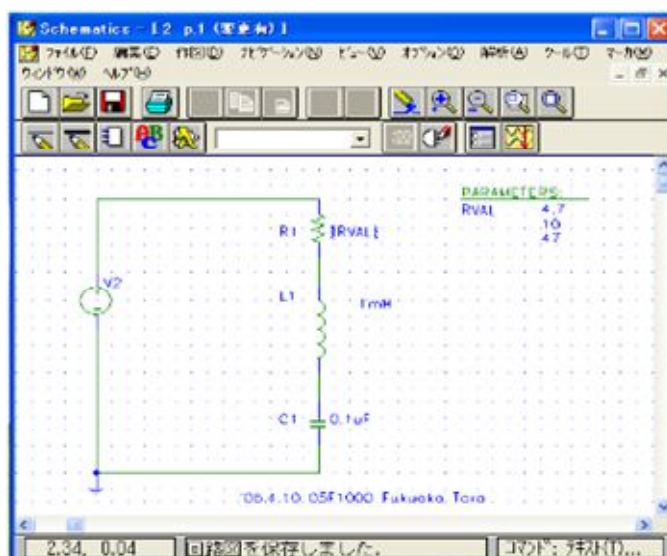


図3.2

とします。 ω は角周波数、 t は時間を示します。 V の周波数 $f(=\omega/2\pi)$ を連続的に変化させると回路電流 I および R 両端の電圧 $V(=RI)$ は、図3.3のような共振特性を示すと予測されます。ピークの鋭さ(先鋭度) Q は $Q=f_0/\Delta f$ で求められます。ただし、 Δf はピーク値(f_0)の $1/\sqrt{2}$ に減少する周波数 f_1, f_2 の差として $\Delta f=f_1-f_2$ で与えられ、「半値幅」と呼ばれます。

[Schematics](#)により、図3.2の回路図を作成し、その回路のシミュレーションを[PSpice](#)により行い図3.3のグラフを得て、その結果より、 $f_0, \Delta f, Q$ を求めることを行います。

さらに、その結果を理論式と比較し、考察検討を行います。

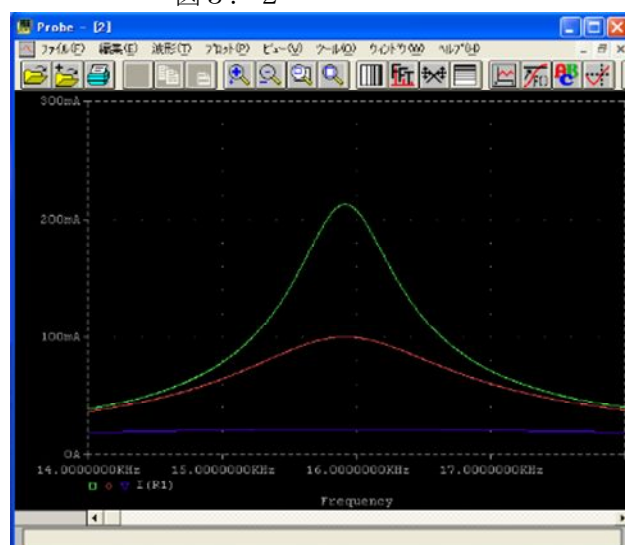


図3.3

理論式及び理論値は次のようになります。

$$\omega_0 = 1/\sqrt{LC} = 1/\sqrt{1 \times 10^{-3} \times 0.1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^5 [\text{rad/s}]$$

$$f_0 = \omega_0 / 2\pi = (1 \times 10^5) / 6.28 \div 16 \times 10^3 = 16 [\text{kHz}]$$

$$Q = \omega_0 L / R = (1 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-3}) / 4.7 \div 21.28$$

$$\Delta f = f_0 / Q = 16^3 \times 10^3 / 21.28 \div 0.75 [\text{kHz}]$$

周波数変化範囲は、 $f_0 - 2\Delta f \sim f_0 + 2\Delta f$ 位で十分なので、

$$f_0 - 2\Delta f = 16 \times 10^3 - 2 \times 0.75 = 14.5 [\text{kHz}]$$

$$f_0 + 2\Delta f = 16 \times 10^3 + 2 \times 0.75 = 17.5 [\text{kHz}]$$

よって、切りの良い値として、14kHz～18kHzを選びシミュレーション計算を行うことにします。 $\Delta f = 0.75 [\text{kHz}]$ の間を100点ほど細かく刻んでやれば、グラフは、十分スムーズになりますが、14kHz～18kHzの間をここでは少し多めに800点に等分割して計算することにします。

3. 1. 2 回路図の作成

ここで使用するパーツ

パーツ名	ライブラリ
交流電源(VSRC)	SOURCE.slb
インダクタンス(L)	ANALOG.slb
キャパシタンス(C)	"
抵抗(R)	"
GND (GND_EARTH)	PORT.slb
パラメータ(PARAM)	SPECIAL.slb

*GNDはシミュレーション条件として、必ず付けなければなりません。

[パーツ配置]

ここでは、パーツを呼び出し配置します。

図3. 4のようにパーツを配置していきます。

- (1) 交流電源(VSRC)を配置します。①のアイコンをクリック（または、「作図(D)」の中から「パーツ呼び出し(G)」をクリック）すると高機能パーツブラウザのダイアログボックスが表示されます。
- (2) 図3. 5のようなダイアログボックスが表示されるので「ライブラリ(L)」をクリックし、その中から「SOURCE.slb」をクリックし、その中の「VSRC」をクリックし、その後「OK」をクリックすると、マウスのポインタが交流電源のゴーストに変化しているので、配置したい位置（図3. 4）まで移動をクリックします。
- (3) これで交流電源を配置することができたと思いますが、その後も交流電源のゴーストがついてくるので、右クリックしてゴーストを消します。
- (4) その他のパーツも同様に呼び出し、配置していきます。

（向きが違うときは<ctrl>+<R>の回転などを使い、調整してください。）

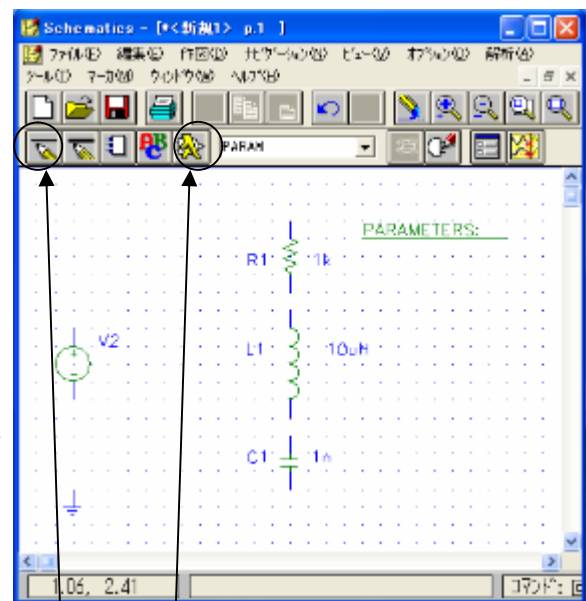


図3. 4

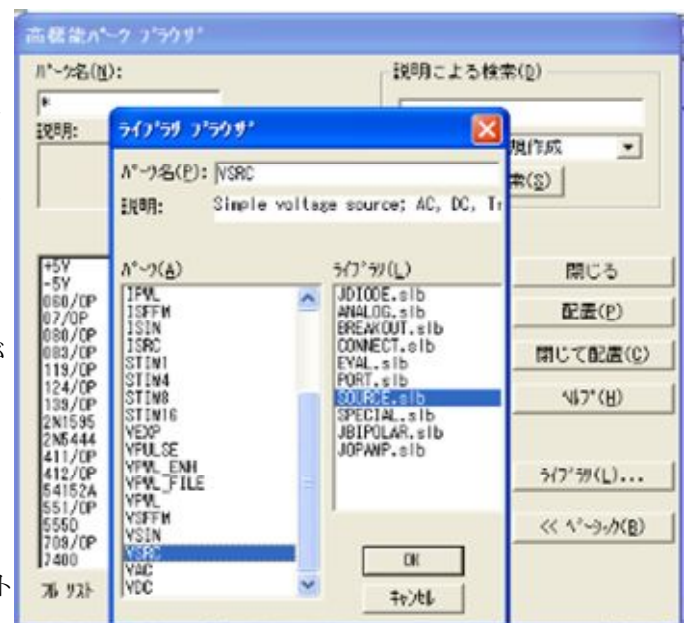


図3. 5

《ショートカットキーについて》

インダクタンスやコンデンサを配置したときに<Ctrl>+<R>を使用したと思いますが、これは [Schematics](#) のメニューにある「編集(E)」の中の「回転(R)」をマウスで選択するのと同じ働きをキー操作で行ったことを意味します。このように [Schematics](#) のメニューの幾つかにはショートカットキーが割り当ててあります。このショートカットキーを利用すると迅速に回路図を描くことができ大変便利です。ここに [Schematics](#) でよく使用するショートカットキーをあげておきますので活用して下さい。

<スペース>キー	直前の操作の繰り返し（マウスの右ダブルクリックでも可能）
<Delete>キー	選択したものを消す、消去
<Ctrl>+<W>	配線
<Ctrl>+<R>	選択したものを回転させる
<Ctrl>+<F>	選択したものを反転させる
<Ctrl>+<L>	再描画する
<Ctrl>+<Z>	1つ前に戻る

[配線]

ここでは、パーツ配置をした後、回路図の配線を行います。

- (1) 回路図の配線は、図 3. 4 の②のアイコンをクリック
(または、「作図(D)」の中から「配線(W)」をクリック)
すると、マウスのポインタが鉛筆のマークに変わり配線ができる状態になります。
- (2) この状態で接続したい素子の端（始点）でクリックします。そして、もう一方の接続したい素子の端（終点）で再びクリックすると配線が完了します。図 3. 6 のような折れ曲がった配線の方法は、③の場所でクリックして始点を決め、④の位置に鉛筆を持っていきクリックします。配線が終わった後の鉛筆には、配線のゴーストがついてきますが、右クリックすることによりゴーストを消すことができます。このゴーストを消した後にすぐもう一度配線をしたいときには、マウスの右ボタンをダブル・クリックするか、<スペース>キーを押すと鉛筆のマークが表れ再び配線できる状態になります。また、配線ミスをした場合には、消去したい配線の上でクリック（配線は赤くなる）し、メニューの「編集(E)」の中の「切り抜き(C)」をクリックするか、消去したい配線の上でクリック（配線は赤くなる）し、キーボードの<Delete>キーを押すと消去することができます。

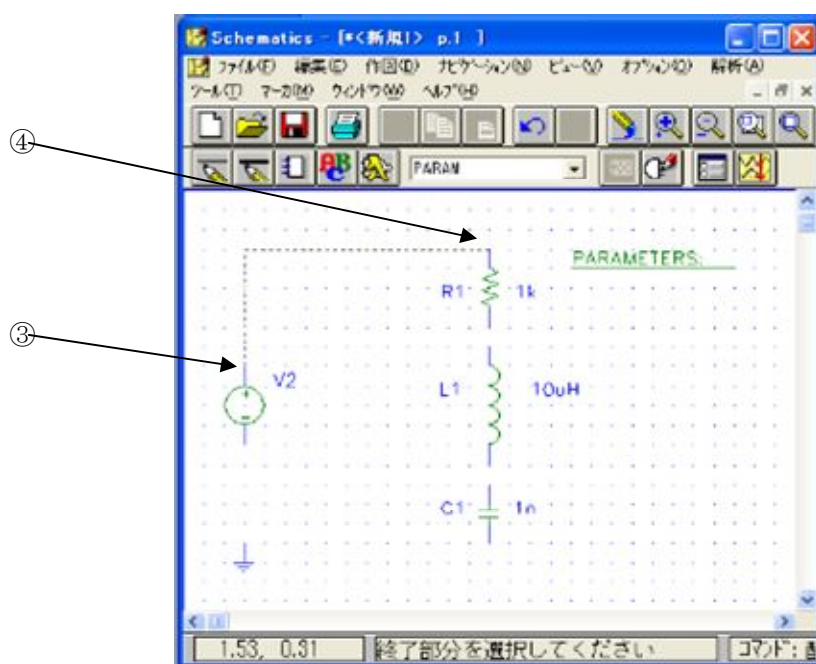


図 3. 6

3. 1. 3 回路図の保存

ここでは、今まで作成した回路図を自らのフォルダに保存します。

まず回路図に今日の日付け、学籍番号、名前を入力します。

(例 : '06.4.10 05F1000 FUKUOKA TARO)

- (1) 図3. 7の①のアイコンをクリック (または、「作図(D)」の中の「テキスト(T)」をクリック) すると図3. 8のようなテキスト配置のダイアログボックスが表示されるので、今日の日付、学籍番号、名前を入力してOKをクリックします。するとマウスのポインタがテキストになりゴーストがついてくるので、図3. 7のように回路図に重ならない位置でクリックして配置します。

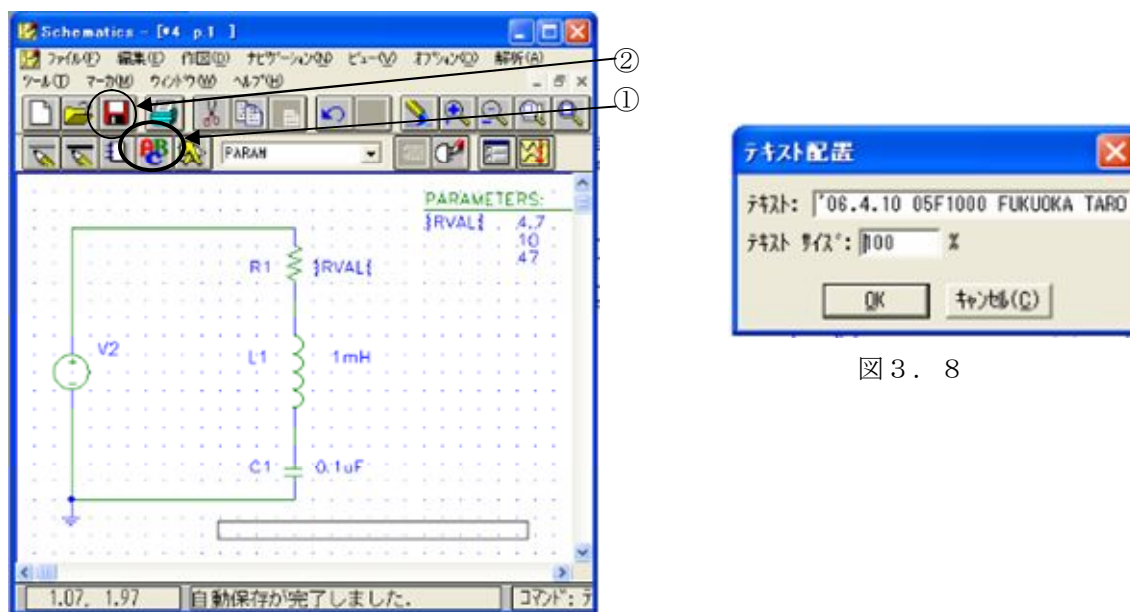


図3. 7

- (2) 回路図を保存するには、「ファイル(F)」の中から「名前を付けて保存(A)」をクリックすると図3. 9のようなダイアログボックスが表示されます。まず図3. 9の①の下向きの矢印をクリックし、「Caeserver01'」の(学籍番号)のフォルダを選択します。次に、②の「ファイル名(N)」の場所に「Kyo2.sch」と入力して保存をクリックします。これで自らのフォルダに保存されます。もし、回路図を保存する場合に拡張子(.sch)なしのファイル名で保存すると、自動的に".sch"の拡張子が付加されます。

また、上書き保存するときは、図3. 7の②のアイコンをクリックします。



図3. 9

3. 1. 4 配線チェック

すべての配線を終え、次に配線チェックを行います。[Schematics](#)の「解析(A)」の中から「電気法則チェック(ERC)」をクリックすると配線チェックが行われます。ここで、エラーがでた場合はエラー表示があるのでOKをクリックして、エラーの内容を調べて回路図を修正して下さい。修正し終わったら、もう一度配線チェックをして何も表示されなければ回路は正常に動作します。

《エラー表示例》

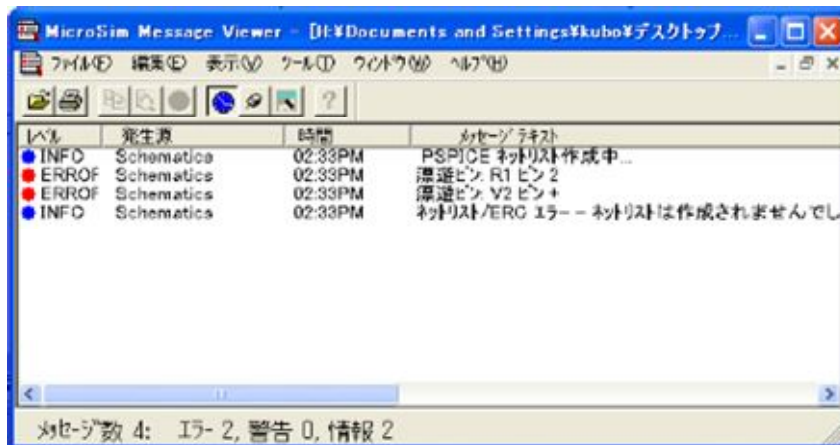


図 3. 1 0

ERROR : 漂遊ピン : R 1 pin 2

ERROR : 漂遊ピン : V 1 pin +

このエラーの内容は、交流電源V1と抵抗R1が接続されていないことを表しています。回路図にもどって修正して下さい。

3. 1. 5 素子の属性入力・保存

ここでは、素子の値の入力、属性保存を行います。

- (1) 交流電源(VSRC)の属性値入力を行います。マウスのポインタを交流電源にあわせて、ダブルクリックします。すると図 3. 1 1 のようなダイアログボックスが表示されます。この回路ではAC解析を行うので、“値[V]”の所にマウスのポインタを移動しダブルクリックする属性値を入力できるようになるので1Vと入力します。入力したら、**属性保存(S)**をクリックし保存されたのを確認してから**OK**をクリックすると属性保存がされたことになります。



図 3. 1 1

(2) 抵抗(R)の属性値入力を行います。この場合は属性値が回路図上に表示されています。まず現在表示されている1kの文字列をクリックします。図3. 12のように文字列が線で囲まれます。さらに1kをダブル・クリックします。すると、図3. 13のような属性値設定のダイアログボックスが表示されます。すでに設定されている1kの代わりに{RVAL}を入力し、OKをクリックします。(下線の場合は抵抗値を変数にして扱うことを意味します。この変数名は任意の名前で構いませんが、必ず"{}"で囲んで下さい。)その後、インダクタンス (L) とコンデンサ (C) の属性値もそれぞれ同様のやり方で1mH, 0.1uFに変更していきます。

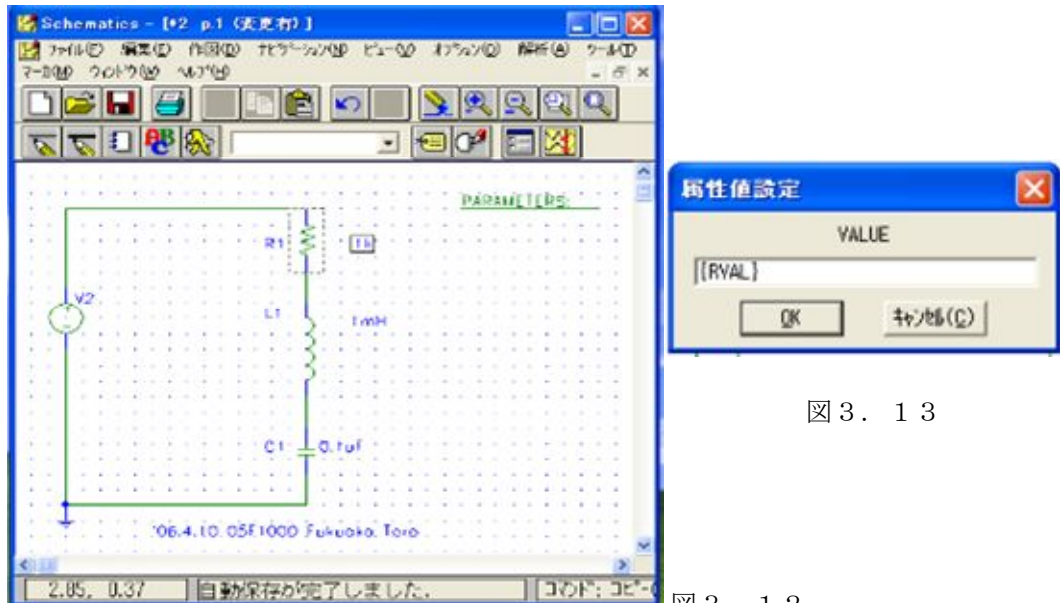


図3. 12



図3. 13

(3) PARAMETERS (PARAM)の属性値入力を行います。マウスのポインタをPARAMETERSにあわせて、ダブル・クリックします。すると、図3. 14のようなダイアログボックスが表示されるのでNAME1の位置でダブル・クリックし、RVALと入力して属性保存(S)をクリックします。同様にVALUE1, VALUE2, VALUE3には4, 7, 10, 47と入力してそれぞれ属性保存(S)をクリックします。ここで4, 7, 10, 47と入力したのは、抵抗を変化させて特性の変化を見るためです。すべて入力し終わったらOKをクリックします。



図3. 14

すべての属性値を入力し終えたならば、印刷したときに見やすいようにパーツ名や属性値が重ならないようにパーツ名や属性値を配置し直して下さい。パーツ名や属性値はドラッグを使うことによって、好きなところへ持って行くことができます。

3. 1. 6 回路図の上書き保存

素子の属性入力・保存を行いましたので、上書き保存を実行します。図3. 7のアイコン②をクリック(または「ファイル(F)」の中から「上書き保存(S)」をクリック)します。

3. 1. 7 回路図の印刷

作成した回路図の印刷を行います。ただし、これはp3-15のネットリストの印刷後に行うことを勧めます。

(1) 領域の指定をします。図3. 15のように①の位置でクリックし、そのままドラッグして、回路図全体が収まる②の位置まで移動させ、指をはなします。失敗しても作業エリア内でクリックすれば線が消えて、何度でも指定し直せます。

(2) 印刷を行います。図3. 15の③のアイコンをクリックし印刷します。

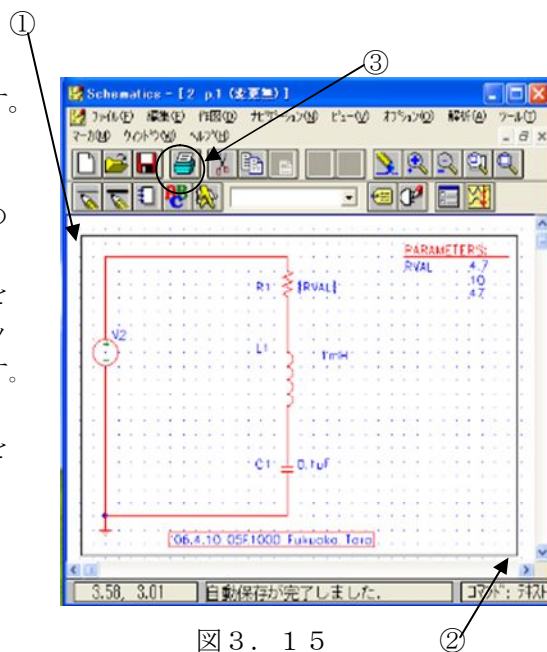


図3. 15

3. 2 ネットリスト

3. 2. 1 ネットリストの作成

[Schematics](#)の「解析(A)」の中の「ネットリスト作成(C)」をクリックするとネットリストが作成されます。その間、何も表示されなかったら正常に作成されたことになります。ここでエラーがでた場合は、回路図の配線か、素子の属性保管がなされていないかのどちらかなので、エラーの内容を調べた後に修正して、もう一度ネットリストを作成します。

3. 2. 2 ネットリストの検証

ネットリストの内容を見ます。ネットリストの内容を見るには、[Schematics](#)の「解析(A)」の中の「ネットリスト検証(N)」をクリックすると、図3. 16のようなメモ帳のウインドウが表示されます。ネットリストとは、どのような部品がどのように配置してあるのかを回路図ではなく、記号や数値で表したものです。

例えば、図3. 16の

V_V2 1 0 AC 1V

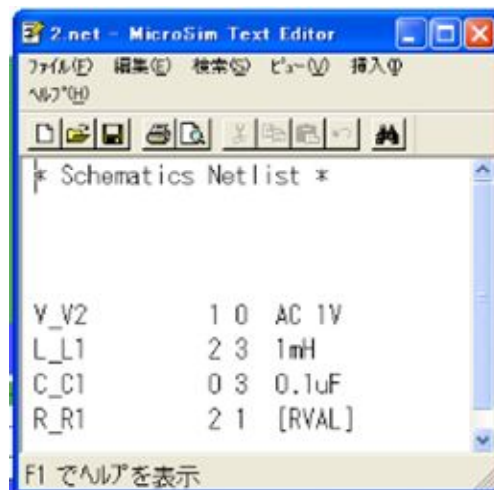


図3. 16

では、V2という部品が、接点（ノード）番号1と0の間にあり、AC 1Vであることを示しています。接点（ノード）番号とは、部品間の結線上に一つ点を与えて、接点同士を区別するために付けた番号のことです。この回路の接点番号は、図3. 17にあるようになっています。

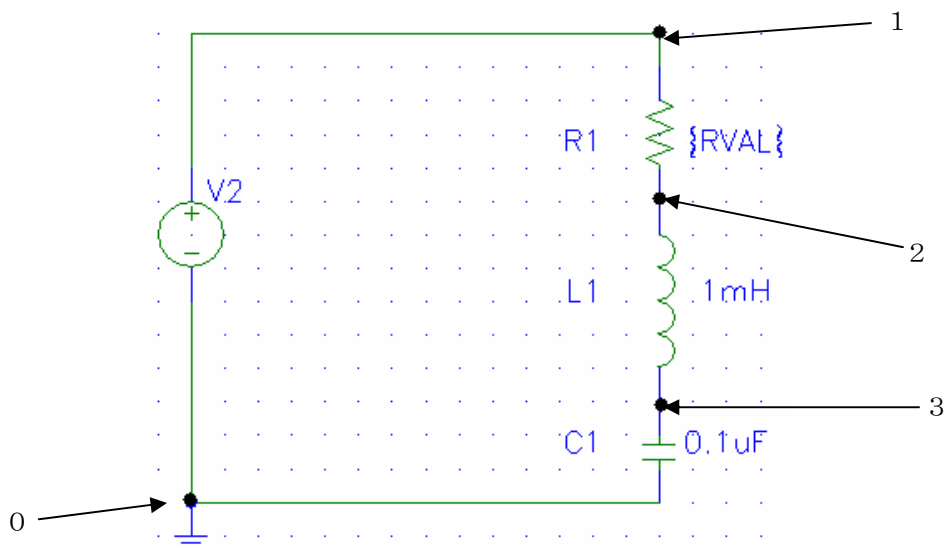



図3. 17

ネットリストの印刷は、”3. 3. 7 ネットリストの整理・印刷”で行いますので、ネットリストの確認が終わりましたらワードパッドを終了します。右上にある閉じるボタンを押します。（または、「ファイル(F)」の中の「ワードパッドの終了(X)」をクリックします。）

3. 3 シミュレーションとグラフ表示

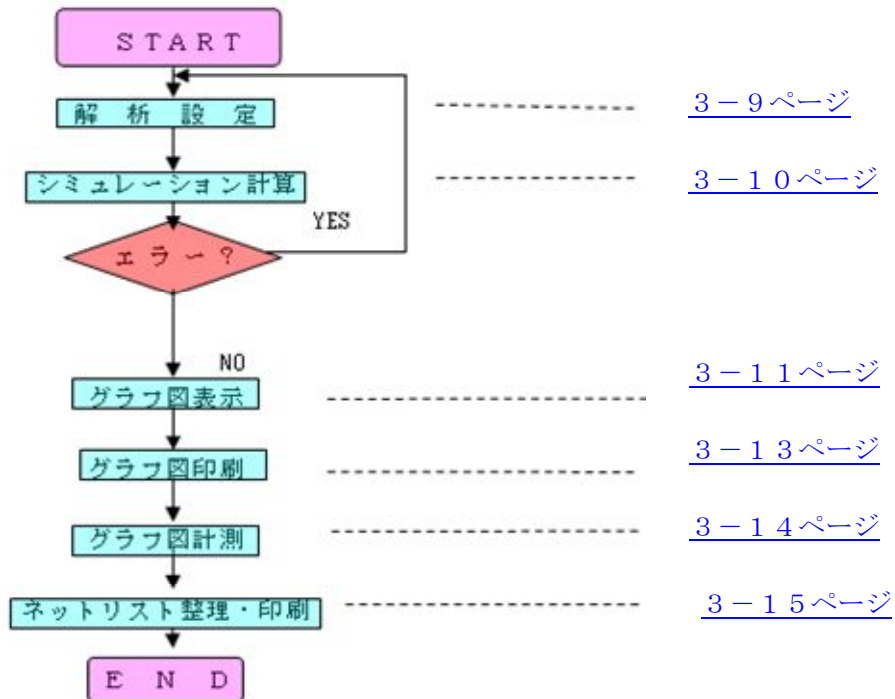


図 3. 18 解析・グラフ図表示のフローチャート

3. 3. 1 解析（シミュレーション）設定

ここでは、シミュレーションのための解析設定を行います。

- (1) 図 3. 19 のアイコンをクリック（または、[Schematics](#) の「解析 (A)」の中の「設定(T)」をクリック）すると、図 3. 20 のようなダイアログボックスが表示されます。この回路では、AC 解析を行い、変数を扱うので、**AC スイープ**と**パラメトリック (P)**の実行の□の①、②の所に、図 3. 20 のようにクリックで印を付けます。



図 3. 19

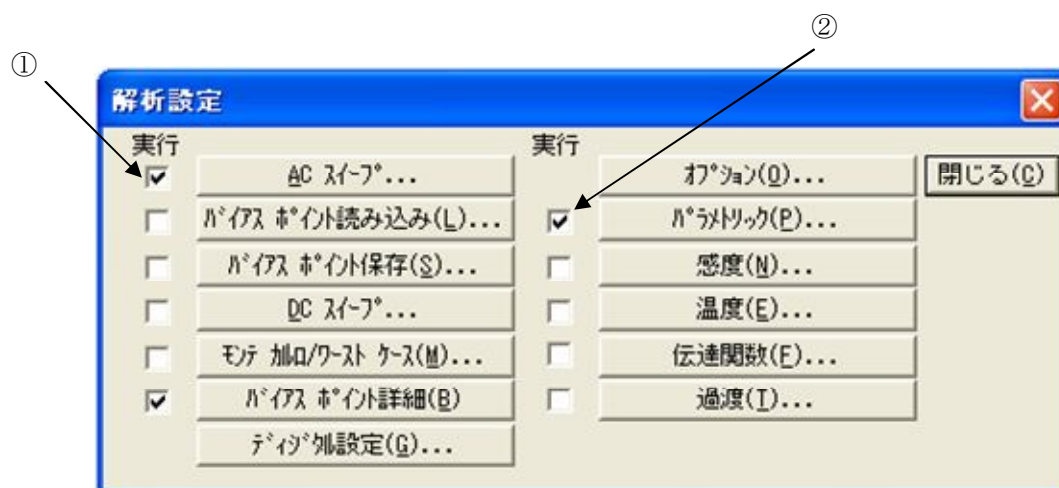


図 3. 20

(2) 次に、図 3. 20 の **AC スweep** をクリックして図 3. 21 のようなダイアログボックスを表示します。この場合 AC スweep 種類は、線形なのでここではこのままでいいです。Sweep・変数は、図 3. 21 のようにポイント総数 800、開始周波数は 14 k、終了周波数は 18 k と入力していきます。

これは、周波数 14 kHz から 18 kHz の間を 800 ポイントに分けて解析することを設定します。



図 3. 21

(3) 次に図 3. 20 の **パラメトリック (P)** をクリックして図 3. 22 のようなダイアログボックスを表示します。この場合、Sweep 変数種類はグローバル・パラメータなので、①の場所でクリックします。Sweep 種類は値のリスト (U) なので、②の場所でクリックします。次に名前は、RVAL と入力し、値 (V) : の所に 4.7、10、47 をそれぞれスペースを空け入力していき、入力し終わったら **OK** をクリックします。

①

②



図 3. 22

3. 3. 2 シミュレーション計算

シミュレーションを行います。図 3. 23 をクリック (または、「解析(A)」の中の「シミュレーション(S)」をクリック) します。すると図 3. 24 のような **PSpice** のウィンドウが開かれ、シミュレーションが開始されます。ここでエラーがでた場合、シミュレーションは実行されず、エラーの内容が OUT ファイルに書き込まれるので、**PSpice** を終了し **Schematics** の「解析(A)」の中の「出力検証(O)」をクリックし、エラーの内容を見ます。そして、修正した後にもう一度シミュレーションを行います。エラーがでなかったら、シミュレーションが終わった後に **Probe** が自動的に起動します。



図 3. 23

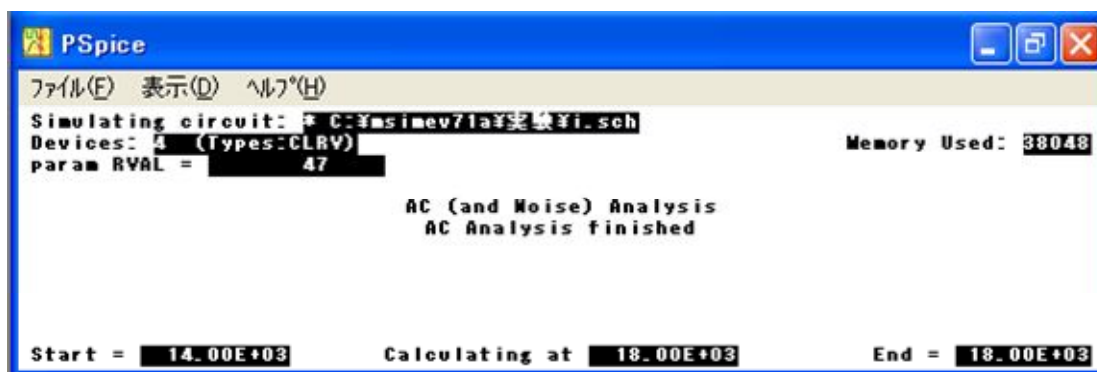


図 3. 24

3. 3. 3 グラフ図表示

[Probe](#)が起動すると図 3. 2 5 のようなダイアログボックスが表示されます。そこで、セクション選択のダイアログボックスの中から[全部\(A\)](#)をクリックします。これは抵抗Rが4.7、10、47のときのすべてのグラフを表示させることを表しています。そして、[OK](#)をクリックします。すると、[Probe](#)（グラフ図表示）のウィンドウが表れます。[Probe](#)の「波形(T)」の中の「表示(A)」をクリックすると、図 3. 2 6 のようなダイアログボックスが表示されます。ここではR1を流れる回路電流Iの共振特性を見たいのでI(R1)をクリックして[OK](#)をクリックします。これでグラフ図が表示されます。

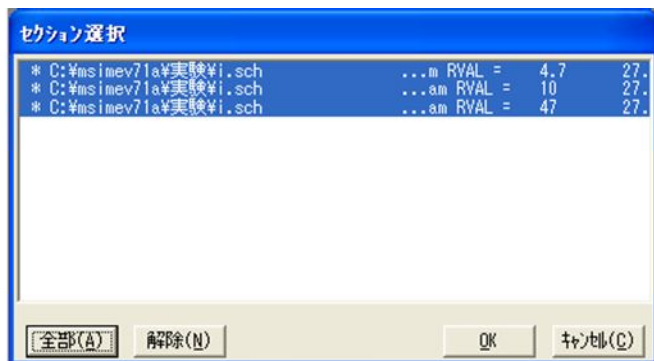
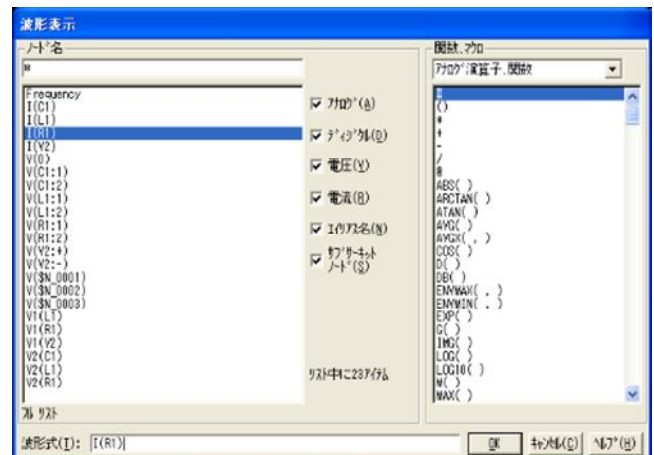


図 3. 2 5



《波形表示について》

この[デザイン・センタ](#)では波形表示させるのに、上記で説明した[Probe](#)の波形メニューを使用し表示させる方法と、その他に[Schematics](#)のマーカーメニューを用いても表示させることができます。

マーカーとは、オシロスコープのプロブのように回路図中の観測したい箇所に配置することにより、電圧、電流波形を観測することができます。以下のコマンドにより、単数あるいは複数のマーカーを回路図中に配置することができます。[Probe](#)が動作している場合には、個々のマーカーが配置される度に対応する波形が[Probe](#)で表示されます。付録にマーカーの使い方の例を示します([4-1](#) 参照)。

電圧／レベルマーカー (V) ネットの電圧またはデジタル信号を表示します。このマーカーは配線もしくはピンに配置しなければなりません。

電位差マーカー (D) 2 ネット間の電圧を表示します。このため電位差マーカーは、“+”と“-”の各々のノードに配置する一対のマーカーにより構成されています。個々のマーカーは配線もしくはピンに配置しなければなりません。

ピン流入電流 (C) [PSpice](#)の（バイポーラ・トランジスタ、MOSFET、JFET、GaAs MESFET等の）3 端子あるいは4 端子素子の端子に流れ込む電流、または（抵抗、コンデンサ、ダイオード等の）2 端子素子を流れる電流を表示します。これ以外の種類のデバイスに配置された場合は、警告メッセージが表示されマーカーは無視されます。

全部解除 (L) 全回路図ページ中の全マーカーを削除します。

全部表示 (S) 全回路図ページ中の全マーカーに対応した波形を[Probe](#)表示します。

選択表示 (H) 選択されているマーカーに対応した波形を[Probe](#)表示します。

マーカーは演習で使用するものでわからないことがあったら、このページを参照してください。

3. 3. 4 グラフの整理

とりあえずグラフ表示できたと思いますが、波形が画面全体に表示されていないので大変見にくいと思います。そのため、ここでは見やすく分かりやすいグラフ表示に適した設定を行います。

(1) グラフ図の領域指定

[Probe](#)の「プロット(P)」の中の「X軸設定」をクリックすると、図3. 27のようなダイアログボックスが表示されます。データ範囲を任意に入力するため「ユーザ定義(U)」の左側の○上でクリックします。このグラフ図は14kHz～18kHzまで測定しているので、①の場所でクリックし、入力できるようにしておき14kHz、②では18kHzとなるように書き直します。次に、スケールを線形にしたいので③の場所でクリックします。すべて入力し終わったらOKをクリックします。すると、グラフ図が画面全体に表示されます。



図3. 27

(2) テキスト添付

図3. 28のアイコンをクリック（または、[Probe](#)の「ツール(T)」の中の「ラベル(L)」をクリック）すると図3. 29のようになるので、「テキスト(T)」をクリックします。すると図3. 30のようなダイアログボックスが表示されるので、R=4.7と入力しOKをクリックすると、マウスのポインタがテキストに変化するので図3. 31のように配置します。次に矢印をつけるので、[Probe](#)の「ツール(T)」の中の「ラベル(L)」をクリックして「矢印(A)」をクリックします。するとマウスのポインタが鉛筆のマークに変化するので、R=4.7の数字の右側でクリックして始点を決め、終点をクリックします。この矢印は何度でも書き直しすることができます。もし間違えて書き直しをしたいときには、矢印の上でクリック（この時、矢印は赤くなる）し、<Delete>キーを押すと消去されます。同様にR=10、R=47もラベルと矢印をつけます。

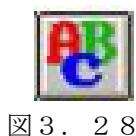


図3. 28

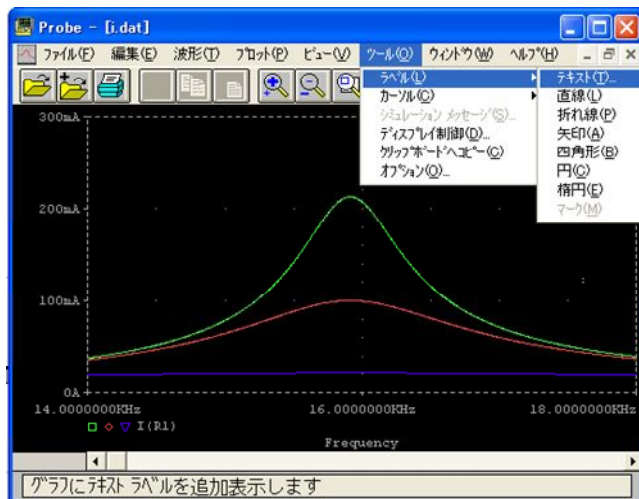


図3. 29

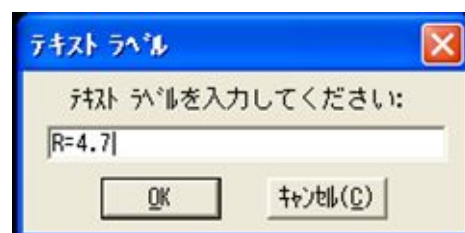


図3. 30

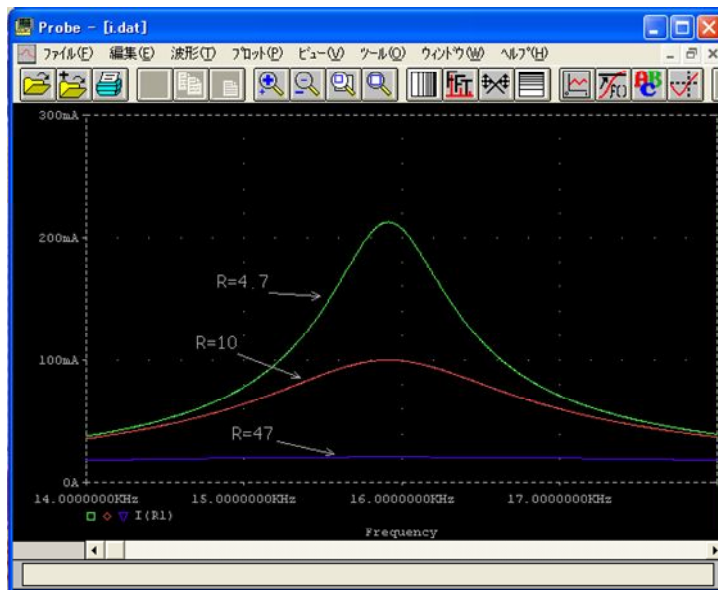


図3. 31

3. 3. 5 グラフ図印刷

作成したグラフに今日の日付け、自分の学籍番号、名前を入力して印刷を行います。

- (1) 図3. 28のアイコンをクリック（または、[Probe](#)の「ツール(0)」の中の「ラベル(L)」をクリックし、「テキスト(T)」をクリックします。そうすると、図3. 32のようなダイアログボックスが表示されるので、今日の日付け、自分の学籍番号、名前を入力します。

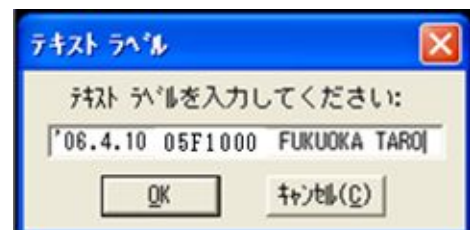


図3. 32

(例：'06.4.10 05F1000 FUKUOKA TARO)

入力し終わったら、**OK**をクリックします。マウスのポインタがテキストに変化しているので、適当な位置でクリックして配置します。

- (2) 印刷を行います。図3. 33のアイコンをクリックし印刷します。



図3. 33

3. 3. 6 グラフ図の計測

ここでは共振周波数 f_0 と、半値幅 Δf をシミュレーション結果から読み取る作業を行います。

(1) ピーク値計算

共振曲線のピーク電流は $I=V/R$ より求められ、

$$\text{ピーク電流} \quad I = 1/4.7 \div 0.21 = 21 \times 10 [\text{mA}]$$

となります。この値の $1/\sqrt{2}$ が、いくらになるか求めます。

$$I/\sqrt{2} = (21 \times 10)/\sqrt{2} \div 15 \times 10 [\text{mA}]$$

(2) カーソル表示

図3. 34のアイコンをクリック（または、Probeの「ツール(0)」の中の「カーソル(C)」をクリックして、「表示(D)」をクリック）します。すると、図3. 35のような座標を表示するProbeカーソルとカーソルが表示されます。カーソルには実線と点線の2種類があり、実線はマウスの左ドラッグ、点線はマウスの右ドラッグで移動します。ProbeカーソルのA1=は実線の交点の座標で、A2=は点線の交点の座標です。dif=はA1とA2の座標の差を表しています。

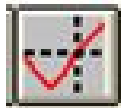


図3. 34

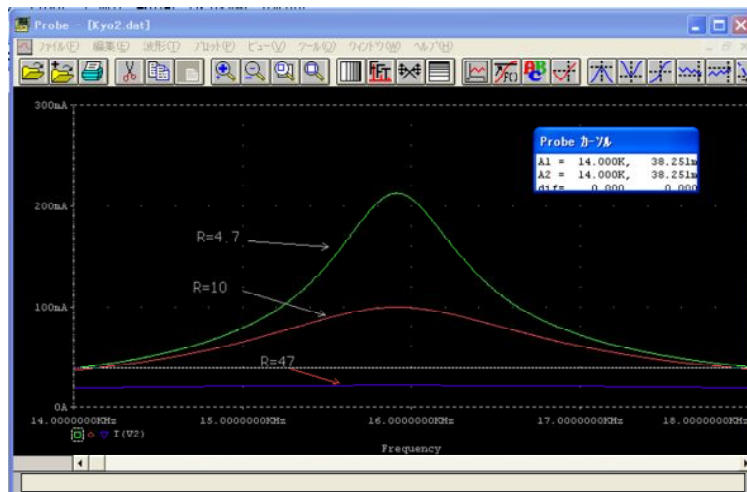


図3. 35

(3) 定量

マウスを左ドラッグして移動させ、点線を共振曲線のピーク点にあわせませ。(①のアイコンをクリックすると簡単にできます。)すると点線の交点での座標A1 (X, Y)=(15.917 [kHz]、212.763 [mA])が表示されています。その後、マウスを右ドラッグして

$$Y = I/\sqrt{2} = 15 \times 10 [\text{mA}]$$

なるべく近づくように共振曲線の左側に移動させ、 $Y=15 \times 10$ の時のX値を読み取ります。

図3. 36では、 $Y=15 \times 10$ の時 $X=15.544$ [kHz]と読めます。すなわち、半値幅の下側の周波数 f_1 は、

$$f_1 = 15.544 [\text{kHz}]$$

であります。

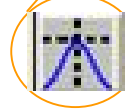
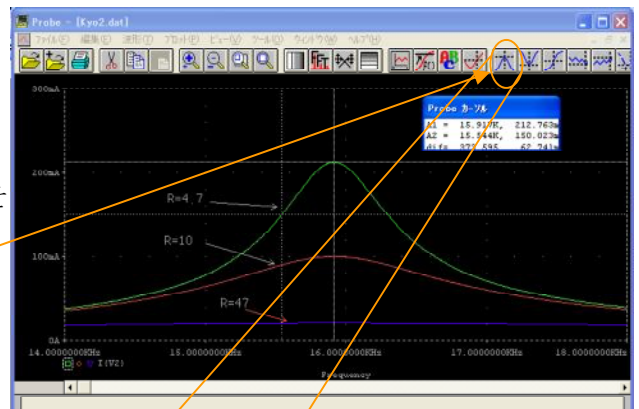


図3. 36

Probe カーソル	
A1 =	15.917K, 212.763m
A2 =	15.544K, 150.023m
dif =	373.595 62.741m

さらに、マウスを動かし共振曲線の左半分側で、

$$Y = I/\sqrt{2} = 15 \times 10 [mA]$$

なるべく近づけたときのX値を読み取ります。
図3. 37では、 $Y=15 \times 10$ の時 $X=16.294 [kHz]$ と読めます。すなわち、半値幅の上側の周波数 f_2 は、

$$f_2 = 16.294 [kHz]$$

であります。

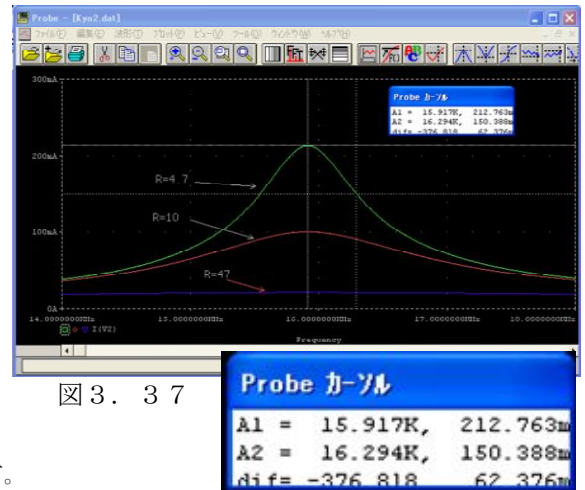


図3. 37

(4) 計算

計測し終わったら、 $\Delta f = f_2 - f_1$ と $Q = f_0 / \Delta f$ を求めます。

(この場合ピーク点の共振周波数が f_0 なので $f_0 = 15.917 [kHz]$)

$$\Delta f = 16.294 [kHz] - 15.544 [kHz] = 0.750 [kHz]$$

$$Q = 15.917 [kHz] / 0.750 [kHz] \approx 21.2$$

ここで、[P.3-2](#)の理論値と比較してみましょう。

計測・計算が終わったら、Probe、PSpiceを閉じ、Schematicsだけを表示させます。

3. 3. 7 ネットリストの整理・印刷

シミュレーションを行った回路図のネットリストを整理して印刷を行います。

- (1) ネットリストを印刷するときに、回路の結線情報だけでなく解析情報も必要なので、ここではOUTファイルにある解析情報をネットリストに貼り付けます。まず、[Schematics](#)の「解析(A)」の中の「出力検証(O)」をクリックします。すると図3. 38のようなファイルが表示されます。

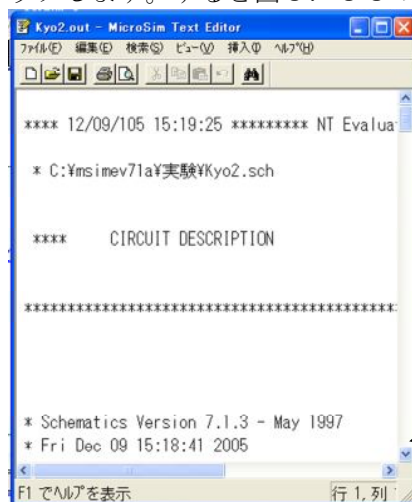


図3. 38

カーソルを図3. 38の①の位置に移動させ、クリックすることによって、スクロールできます。図3. 39のようになるまでスクロールします。次に、図3. 39の②の位置から③の位置までドラッグし、その後、OUTファイルの「編集(E)」の中の「コピー(C)」をクリックします。

コピーした後にOUTファイルの「ファイル(F)」の中の「ワードパッドの終了(X)」をクリックし、OUTファイルを閉じます。そして、[Schematics](#)の「解析(A)」の中の「ネットリスト検証(N)」をクリックして、図3. 40のようなネットリストを開き、④の場所でクリックして、先程コピーした解析情報を貼り付ける場所の指定を行います。そしたら、ワードパッドの「編集(E)」の中の「貼り付け(P)」をクリックして貼り付けます。

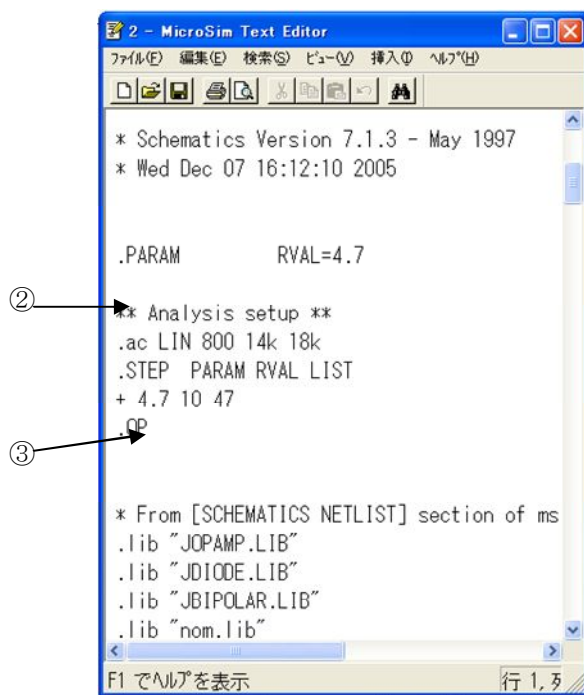


図 3. 3 9

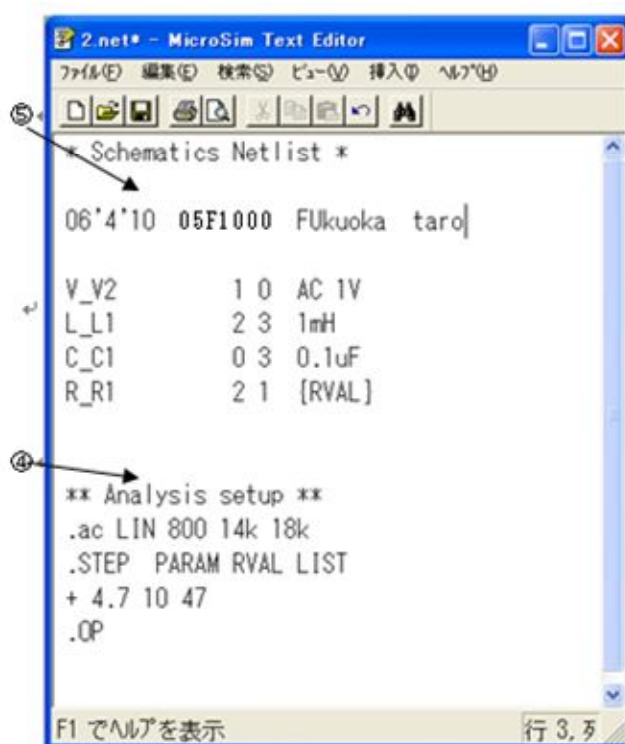


図 3. 4 0

(2) 開いているネットリストを、今日の日付け、自分の学籍番号、名前を入力して印刷します。図 3. 40 の④の場所にマウスのポインタを持っていき、クリックするとその場所からキーボードで入力できるようになるので、今日の日付け、自分の学籍番号、名前を入力します。

(例 : '06.4.10 05F1000 FUKUOKA TARO)

その後、ネットリストを印刷します。ワードパッドの「ファイル(F)」の中の「印刷(P)」をクリックします。クリックした後、**キャンセル**をクリックすると印刷は中止されます。印刷終了後、閉じるボタン **×** を押し (または、ネットリストの「ファイル(F)」の中の「ワードパッドの終了(X)」をクリック) ネットリストを閉じます。その後、ネットリストを保存するかどうか聞いてきますが、**いいえ(N)** をクリックします。[Schematics](#) のウインドウに戻ったら、図 3. 41 のアイコンをクリック (または、「ファイル(F)」の中から「新規作成(N)」をクリック) して回路図を消します。

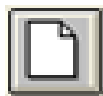
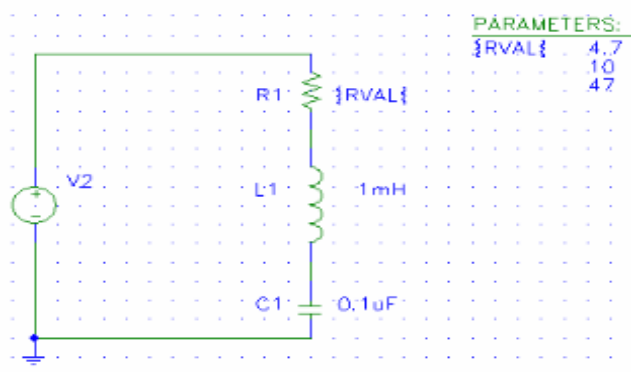


図 3. 4 1

以上で、[デザイン・センタ](#)の説明は終わりです。後は各自演習課題に進んで下さい。

付録1 マーカの使い方

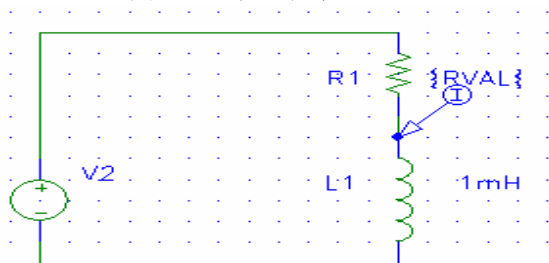
(例) 直列共振回路



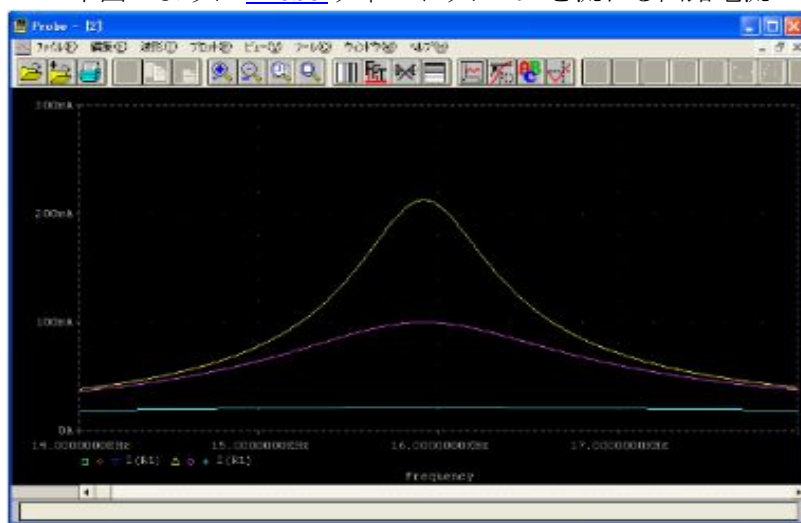
回路図 R1 を流れる回路電流 I の共振特性を観測してみよう。

「マーカ (M)」内の「ピン流入電流 (C)」をクリックします。

これにより、カーソルがマーカシンボルにかわりマウスの動きに連動して移動します。このシンボルを下図のように抵抗 R1 の端子のピン先に移動しクリックしてください。



下図のように [Probe](#) ウィンドウに R1 を流れる回路電流 I の共振特性がトレースされます。



付録2 エラーの発生例とその処置法

1. ERROR--Must be monotonically increasing or decreasing.

リスト値を、単調に増加するかまたは減少するかにしないとエラーとなります。

(例) 11.5k 1.88k 15.9k はエラーとなります。そこで、
1.88k 11.5k 15.9k か、または
15.9k 11.5k 1.88k と改めます。

2. シミュレーションエラー ERROR----Param name.

PARAMETERSダイアログボックス(マニュアルp3-6, 3.13図)において、

NAME1={RVAL}は誤り、NAME1=RVAL と書かないとエラーとなります。

3. シミュレーションエラー ERROR--Undefined parameter,RVAe.

解析設定のパラメトリックの名称スペルと、PARAMETERSのNAME1スペルが不一致のときエラーとなります。

(例)解析設定 パラメトリック 名称=RVAe が PARAMETERSのNAME1=RVAL と不一致。

4. シミュレーション結果? 電源のパルス波形の設定ミス。

(例) 0 100mV 100us 1us 1us 400us 800us を、

0 100mV 100us 1us 400us 800us とすると、

シミュレーションは実行されますが、正常なシミュレーション結果とはなりません。

5. ERROR--Model D1S2186 used by D_D2 is undefined.

日本製のダイオードやトランジスタを使用する場合は、次のようにライブラリを設定します。

解析(A) → ライブラリ&インクルードファイル(L) → 参照(B) → ローカルディスク(C) →
msimev71a → lib → JDIODE または JBIPOLAR を選択 → 開く(O) → ライブラリ追加(B)*
→ OK

以上

用語集

●WindowsXP

マイクロソフト社による、Windows98/MeおよびWindows2000の後継OSのこと。XPはexperience(経験、体験)を意味している。2001年10月(日本語版は11月)に発売されている。安定度の高いWindows2000に、Windows98/Meの使い勝手や周辺機器との互換性の高さを組み込んだものとなっている。個人および家庭用の「Home Edition」、企業および開発者向けの「Professional」の2種類があり、さらに「Professional」については32ビット版と64ビット版の2パッケージが用意されている。

●デザインセンタ

Windows上において、回路図作成から回路シミュレーション、波形表示を行えるプログラムです。

●Schematics

Windowsで動作するグラフィックスによる回路図エディタです。デザインセンタに装備されているシンボルライブラリを用いて回路図を作成することができます。

●PSpice

アナログおよびアナログ／デジタル混在回路のシミュレータです。

●Probe

PSpiceのシミュレーション結果を、観測、操作するグラフィックスの波形アナライザです。

索引

英 数 字 項 目

GND (GND_EARTH) 9
Probe 5
PSpice 5
Schematics 5
Windows 4

和 文 項 目

あ行

印刷 1 4, 2 0
インダクタンス (L) 1 0

か行

解析設定 1 6
回転 1 0
クリック 4
計測 2 1
交流電源 (VSR) 9
コンデンサ (C) 1 0

さ行

シミュレーション 6, 1 7
ショートカットキー 1 0
シンボルライブラリ 5
接点 (ノード) 1 5
属性入力 1 2

た行

ダブルクリック 4
直列共振回路 6
抵抗 (R) 9, 1 3
テキスト 1 1, 1 9
デザイン・センタ 5
ドラッグ 4

な行

ネットリスト 1 5

は行

配線 1 0
配線チェック 1 2
パーツ配置 9
パラメータ (PARAM) 9
パラメトリック 1 7
保存 1 3
ポインタ (マウスポインタ) 4

ま行

マーカ 1 8
マウス 4

* **わ行***

ワードパッド 2 3