

4-5. 回路図の記録 回路図をレポートに利用

回路図は、画像データで記録し、レポート作成に利用する。まず、メインのウィンドウ（回路エディタ）に戻り、メニューより「編集(Edit)」-「すべて選択(Select All)」を選ぶ。次に「ペイント」（「スタート」-「すべてのプログラム」-「アクセサリ」内）を起動し、「編集」-「貼り付け」で移動。続いて「ファイル」-「名前を付けて保存」を選択して、画像データ（ビットマップ、JPG形式）を保存する。

4-6. 回路データの保存 計算機実習室にて回路データを利用

回路データを保存するには、メニューの「ファイル」-「保存(Save As)」を選択。「最大ファイルサイズを超過」の警告ダイアログが表示された場合には、「シミュレーションデータを保存しない（回路のみ保存）」を選択すると良い。

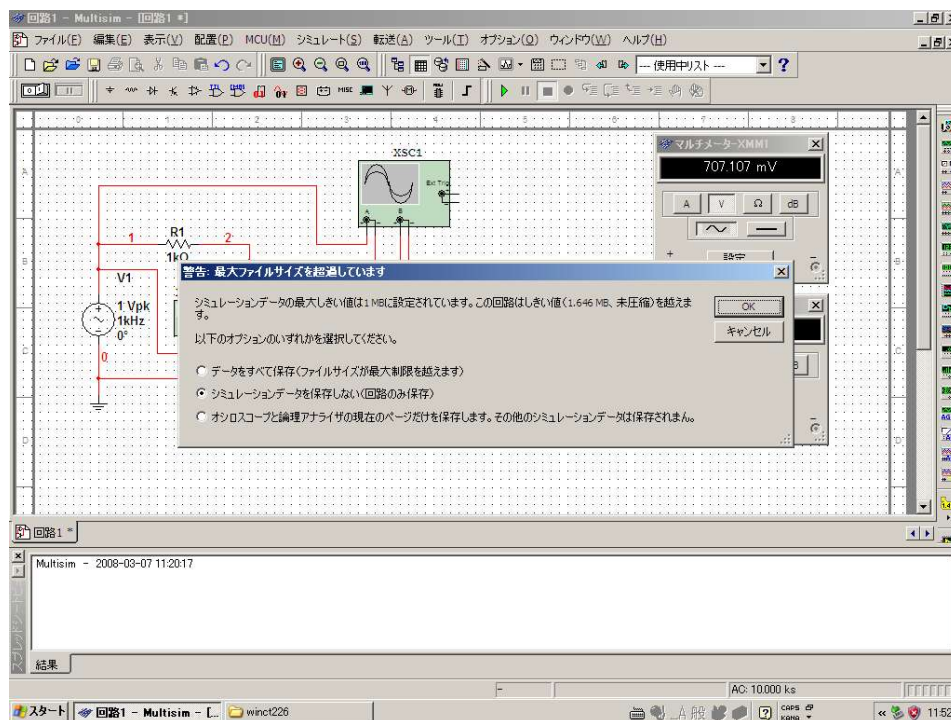


図 27 回路データ保存時の警告に対する対処

5. バターワース型 2 次アクティブ LPF の実験

5-1. 抵抗、キャパシタの値を計算

以下の式を用いて $R1, R2, C1, C2$ の値を計算する。 予習の内容

$$\left\{ \begin{array}{l} f_c = \frac{1}{2\pi CR} \\ R1 = R2 = R \\ C1 = \frac{C}{2Q}, \quad C2 = 2QC \end{array} \right.$$

f_c は遮断周波数（カットオフ周波数）を表し、100Hz に設定。

Q は、バターワース型 2 次の場合、**0.707** ($= \frac{1}{\sqrt{2}}$) とする。

5-2. 初期状態に戻す

メニューより「ファイル」－「新規」－「回路図キャプチャ」を選択。

5-3. 信号源、抵抗、キャパシタ部品の配置

「コンポーネントを選択」ダイアログより順次部品を選択し、配置する。（配置場所は図 30 を参考。キャパシタ $C2$ は、OP アンプの帰還部に挿入する。）

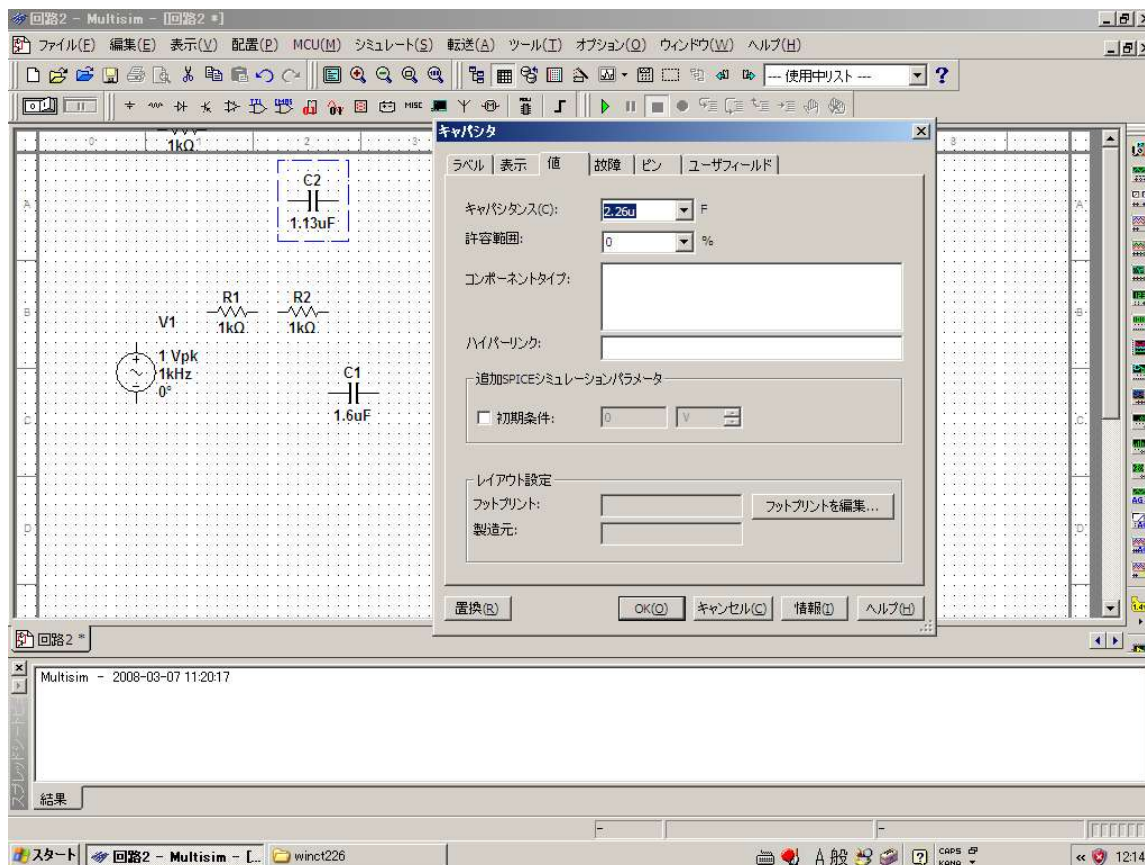


図 28 信号源及び受動部品の配置

5-4. OPアンプの配置

「コンポーネントを選択」ダイアログにおいて「グループ」欄を Analog、「ファミリー」欄を OPAMP、「コンポーネント」欄を TL084CN とし、「OK」ボタンを押す。OPアンプ1つを配置。(図30を参考。TL084CNはOPアンプを4回路内蔵している。今回は、1回路(新規A)のみ使用する。)

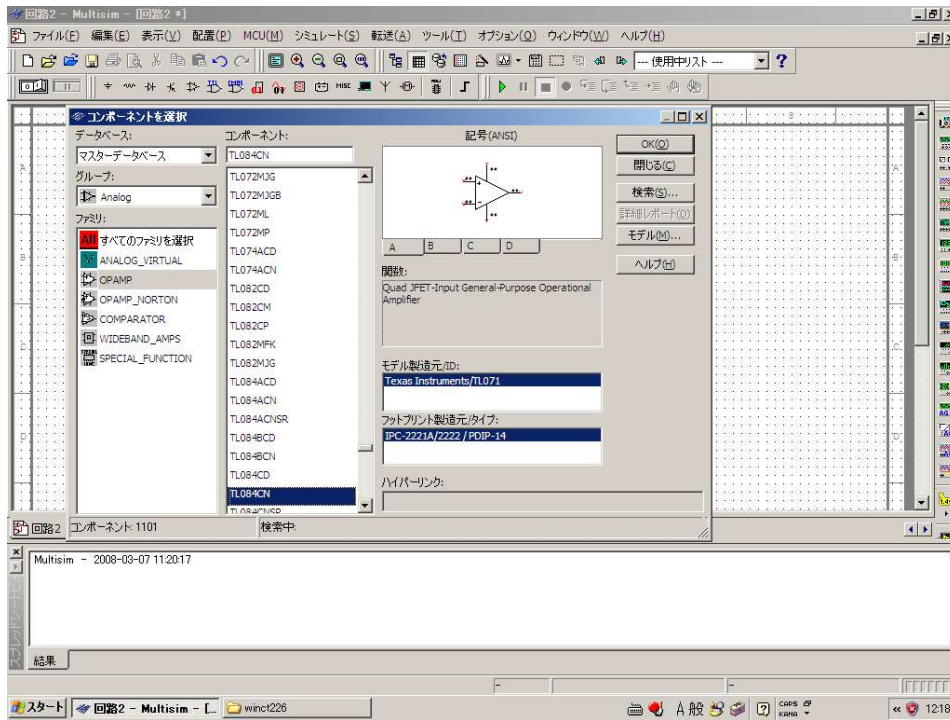


図29 OPアンプ(TL084)を選択

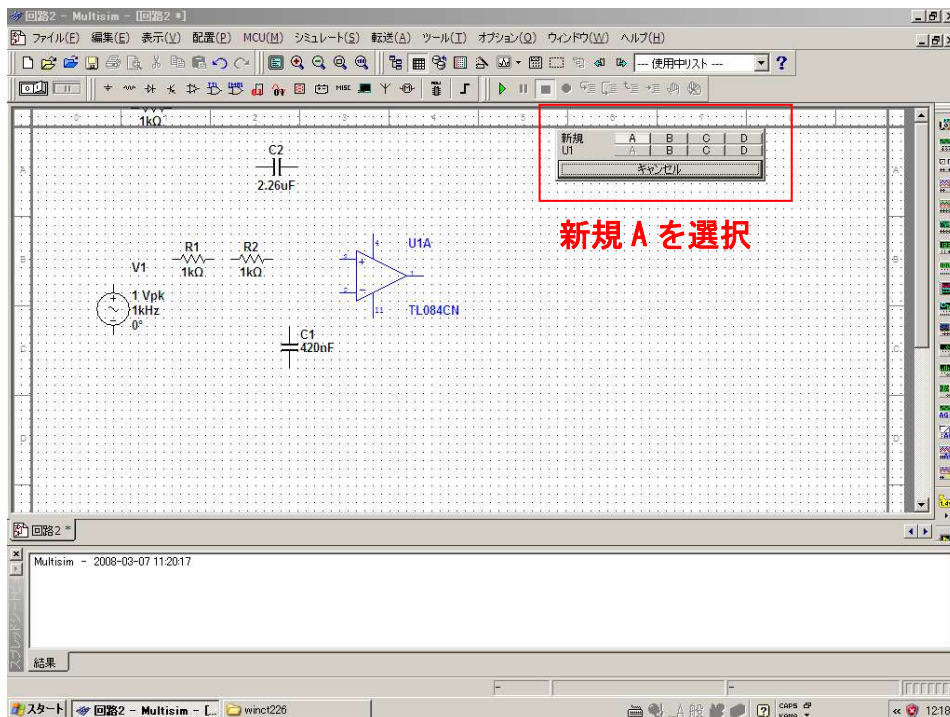


図30 OPアンプの配置

5-5. OP アンプ用電源を配置(電源端子の反転, 電圧設定)

「コンポーネントを選択」ダイアログにおいて「グループ」を **Source**、「ファミリー」を **POWER_SOURCES**、「コンポーネント」を **VDD** とし、「OK」ボタンを押す。これを OP アンプの 4 番ピン付近に配置し、続いて「コンポーネント」を **VSS** として 11 番ピン付近に配置。(図 33 を参考。) OP アンプの 11 番ピンに接続する電源は端子の向きを変えたが良い。まずマウス左クリックで電源を選択。次にマウス右ボタンで操作メニューを開き、上下反転(Flip Vertical)を選択する。

OP アンプの電源電圧は、4 番ピンを **15V**、11 番ピンを **-15V** とする。電源電圧の設定には、まず電源をマウスでダブルクリックし、「Digital Power」のダイアログを開く。次に「値(Value)」タブを開き、電圧の欄を 15V もしくは -15V とする。

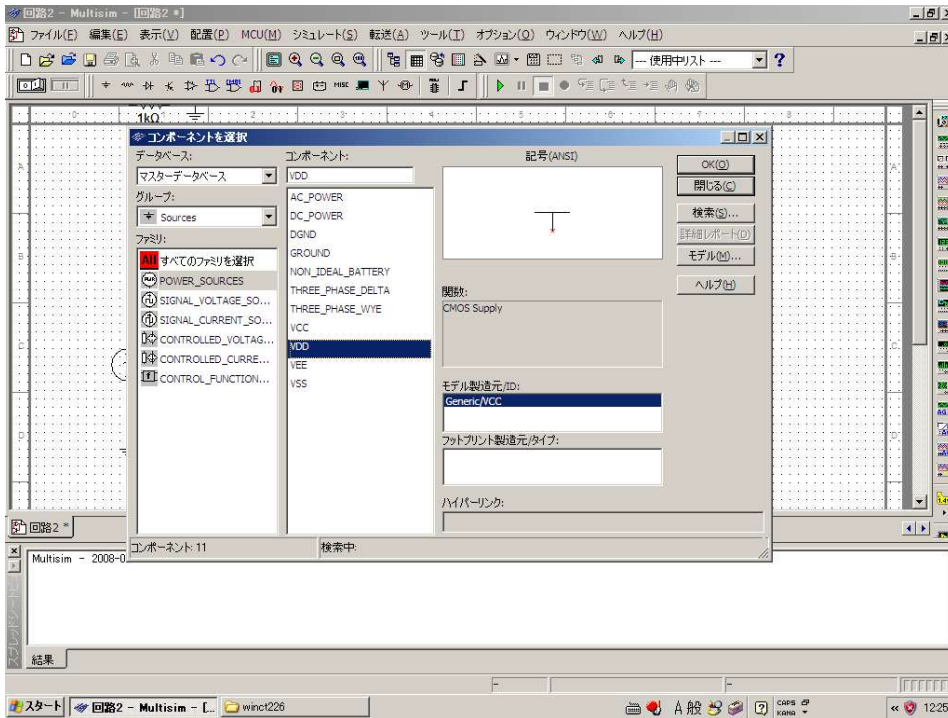


図 31 電源部品の選択

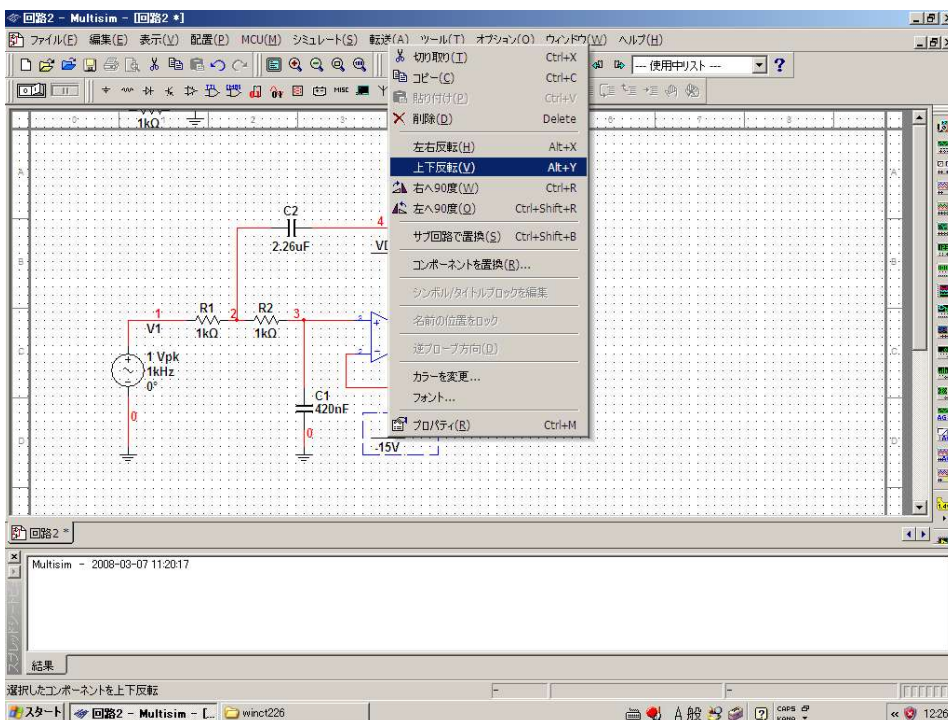


図 32 電源部品の上下反転

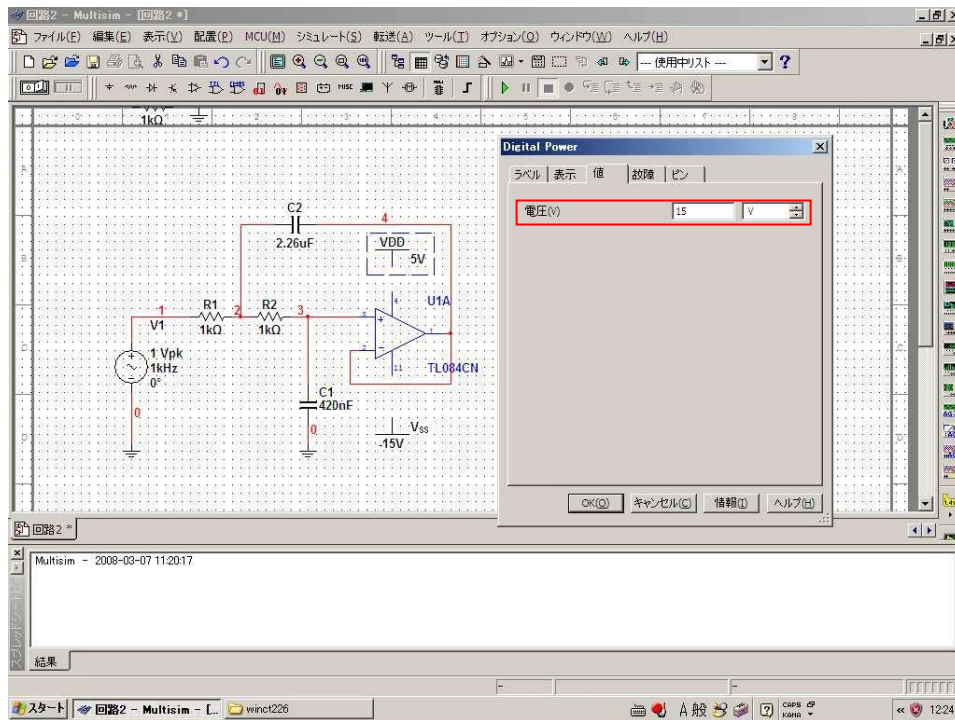


図 33 電源の電圧設定

5-6. マルチメータによる入出力電圧の測定

マルチメータ 2 台を図 34 のとおり配置し、各部のワイヤ接続を行う。信号源の電圧を 1V、周波数を 10Hz、100Hz、1kHz に設定して、マルチメータより入力、出力電圧の値を読み取る。(マルチメータの利用については 3-1 から 3-7 を参考。)

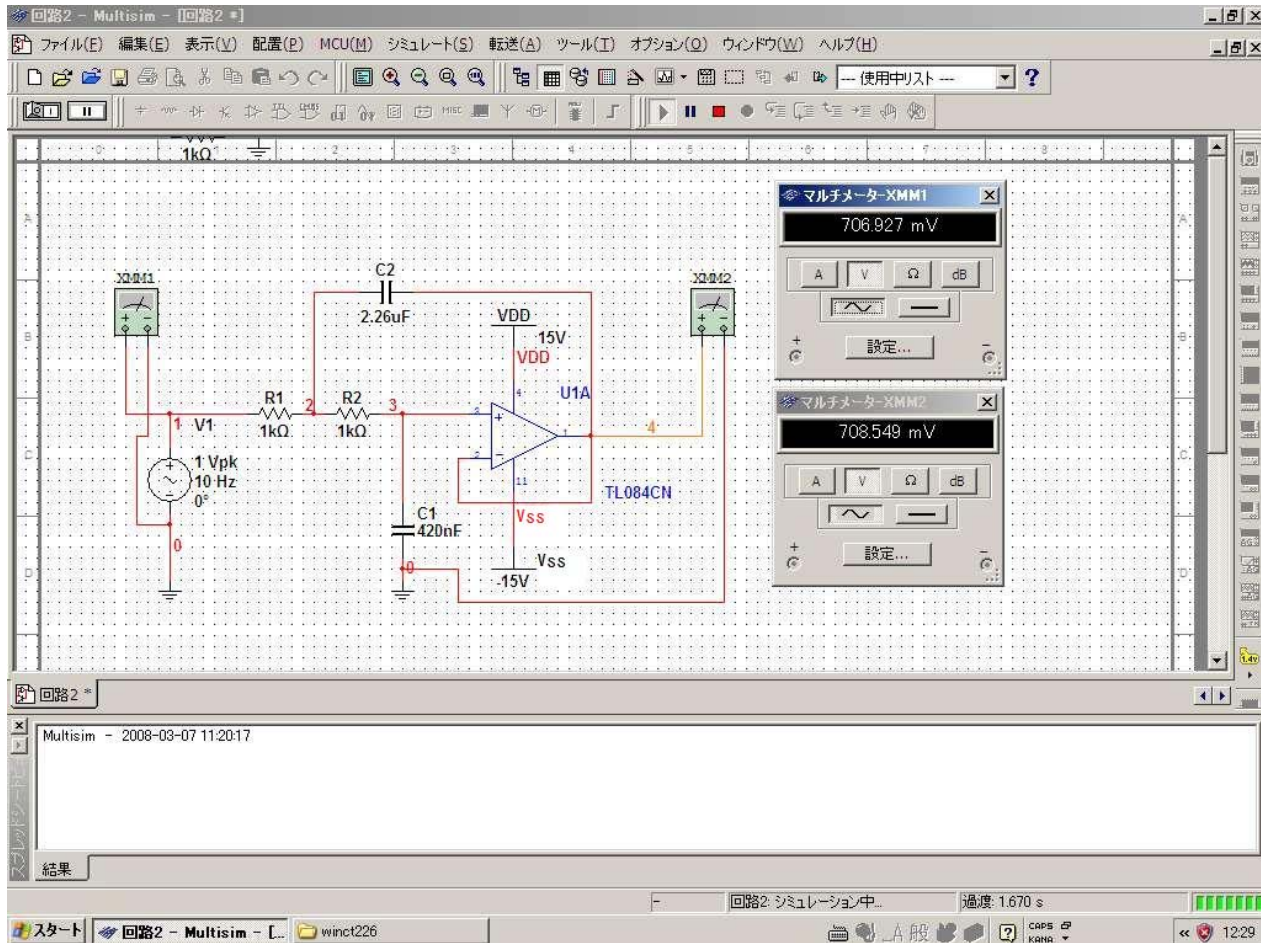


図 34 マルチメータによる入出力電圧の測定

以下の表をつくり、測定結果を記録する。**実験の記録**

表3 バターワース型2次LPFの入出力電圧の測定

信号周波数 [Hz]	入力電圧 [mV]	出力電圧 [mV]	出力電圧/入力電圧 [dB]
10			
100			
1k			

*入出力電圧比は、デシベル単位であることに注意する。

5-7. AC解析による周波数特性の観察

AC解析の設定を以下のとおりに行う。設定方法は、4-1を参考。

- ・「周波数パラメータ」タブ内「開始周波数」を1Hz, 「停止周波数」を10kHz, 「垂直スケール」をデシベルにする。
- ・「出力」タブの「解析用に選択した変数」では、回路図よりOPアンプ出力部ワイヤのネット名を調べ、選択する。(例えば、図35ではネット名が4であるのでV(4)を選択している。)

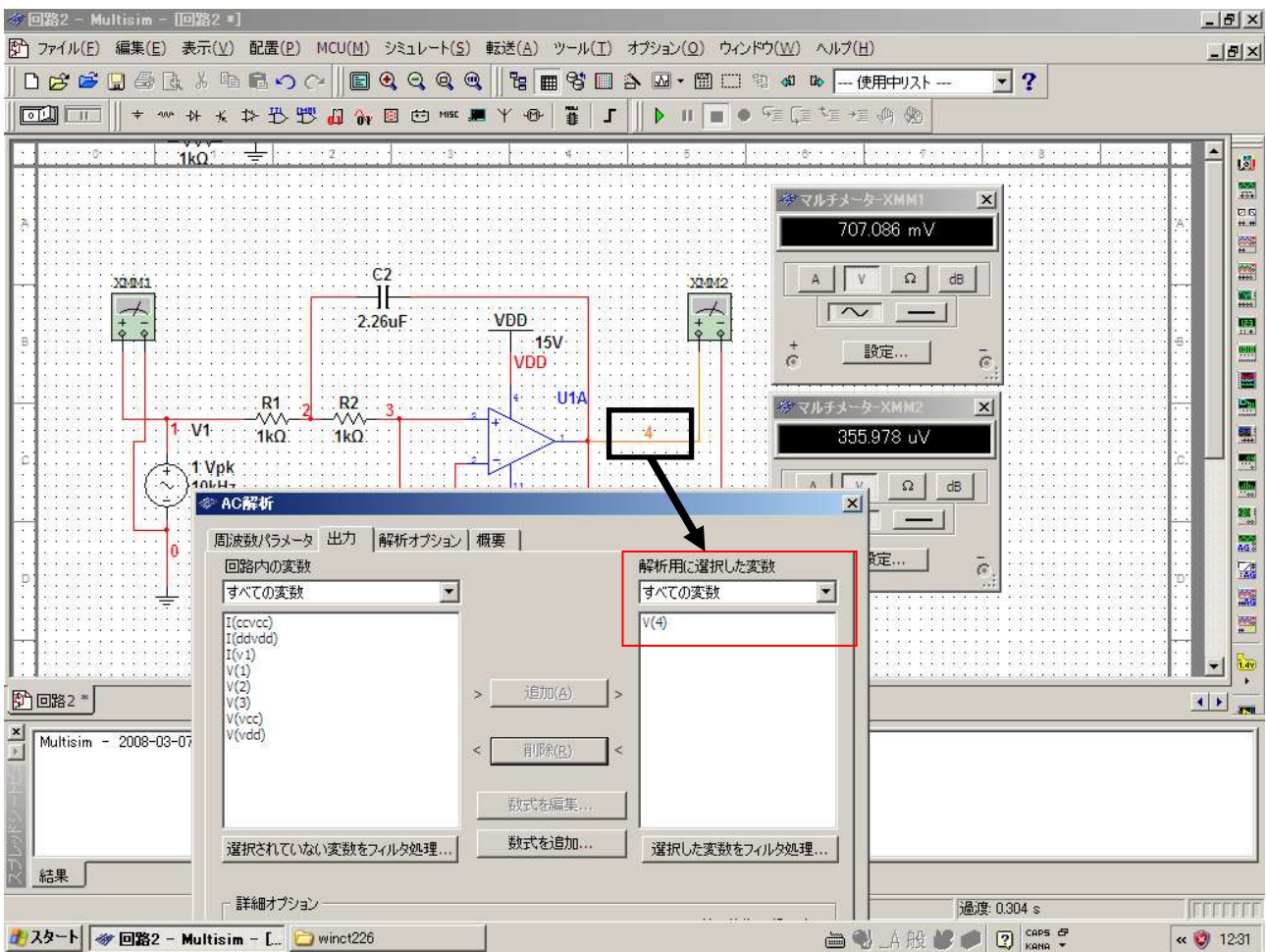


図35 AC解析ダイアログにおける出力部（「解析用に選択した変数」）の設定

AC 解析を実行には、AC 解析ダイアログ下の「シミュレート」ボタンを押す。グラフが表示されているグラフダイアログのカーソル機能を使い、10Hz, 100Hz, 200Hz, 1kHz の振幅(入出力電圧比)をグラフから読み取る。(カーソル機能の利用については4-3を参考。)

また、グラフは画像データで記録し、レポート作成に利用する。(4-4. グラフの保存)

以下の表をつくり、調査結果を記録する。**実験の記録**

表 4 グラフ特徴点の調査 (バターワース 2 次)

周波数 [Hz]	振幅 [dB]
10	
100	
200	
1k	

*表 3 の測定結果と一致しているかどうかを確認する。

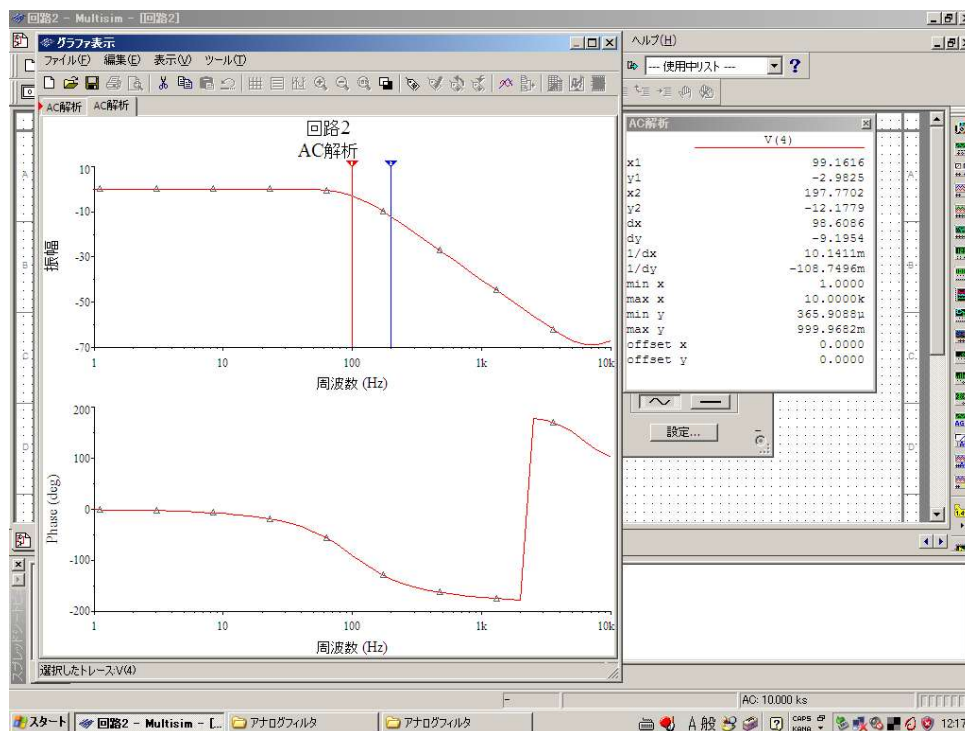


図 36 AC 解析のグラフ表示 2

6. バターワース型4次アクティブLPFの実験

6-1. 抵抗、キャパシタの値を計算

以下の式を用いて $R1, R2, R3, R4, C1, C2, C3, C4$ の値を計算する。 予習の内容

$$\left\{ \begin{array}{l} f_c = \frac{1}{2\pi RC} \\ R1 = R2 = R3 = R4 = R \\ C1 = \frac{1}{2Q_1 C} \quad , \quad C2 = 2Q_1 C \quad , \quad C3 = \frac{1}{2Q_2 C} \quad , \quad C4 = 2Q_2 C \end{array} \right.$$

f_c は遮断周波数（カットオフ周波数）を表し、100Hz に設定。

Q_1 は、バターワース型4次の場合、**1.307**、 Q_2 は、**0.541** とする。

6-2. 初期状態に戻す

メニューより「ファイル」－「新規」－「回路図キャプチャ」を選択。

6-3. 信号源、抵抗、キャパシタ部品の配置

「コンポーネントを選択」ダイアログより順次部品を選択し、配置する。（配置場所は図 39 を参考。キャパシタの番号に注意して配置を行うこと。）

6-4. OP アンプの配置

「コンポーネントを選択」ダイアログにおいて「グループ」欄を **Analog**、「ファミリー」欄を **OPAMP**、「コンポーネント」欄を **TL084CN** とし、「OK」ボタンを押す。前段の OP アンプを配置する際には、**新規 A** を選択する。後段の OP アンプを配置する際には、**U1 の B** を選ぶ。（図 38 を参照。TL084CN には OP アンプが 4 回路ある。前段で新規 A を選択した際、U1 のラベルが付く。後段は同じ U1 のアンプを使うものとする。）

6-5. OP アンプ用電源を配置（電源端子の反転，電圧設定）

「コンポーネントを選択」ダイアログにおいて「グループ」を **Source**、「ファミリー」を **POWER_SOURCES**、「コンポーネント」を **VDD** とし、「OK」ボタンを押して前段の OP アンプの 4 番ピンに配置。11 番ピンには、「コンポーネント」欄を **Vss** とした電源を配置する（図 39 を参考。） OP アンプの 11 番ピンに接続する電源は端子の向きを変えた方がよい。まずマウス左クリックで電源を選択。次にマウス右ボタンで操作メニューを開き、**上下反転**を選択する。

OP アンプの電源電圧は、4 番ピンが **15V**、11 番ピンが **-15V** とする。電源電圧の設定には、まず電源をマウスでダブルクリックし、「Digital Power」のダイアログを開く。次に「値」タブを開き、電圧の欄に **15V** もしくは **-15V** を入力する。なお、後段の OP アンプは同じラベルであるため、電源接続は不要。

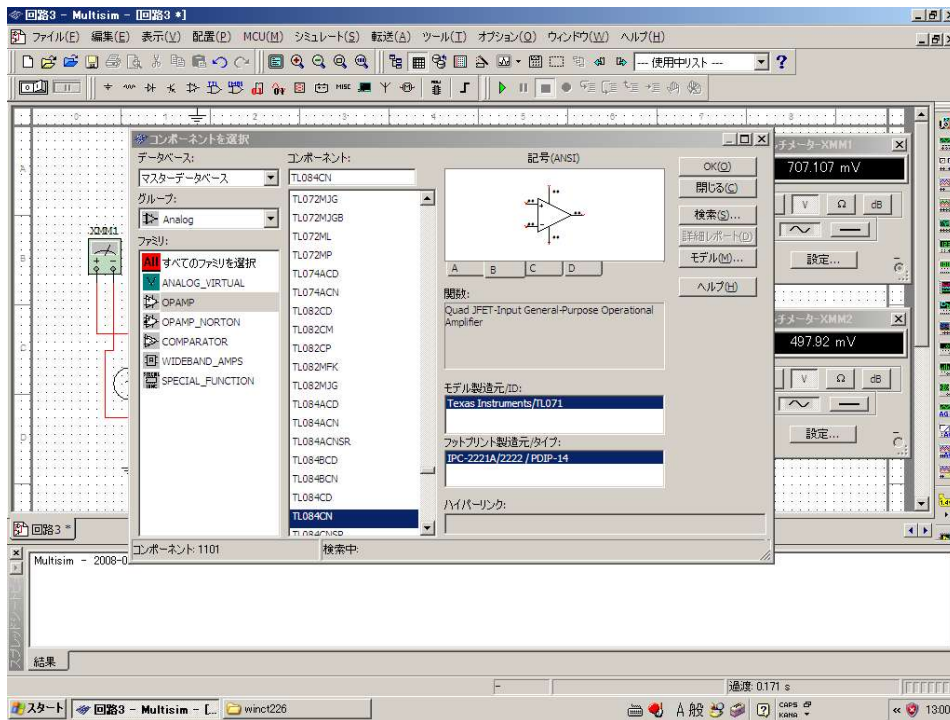


図 37 OP アンプ(TL084) を選択

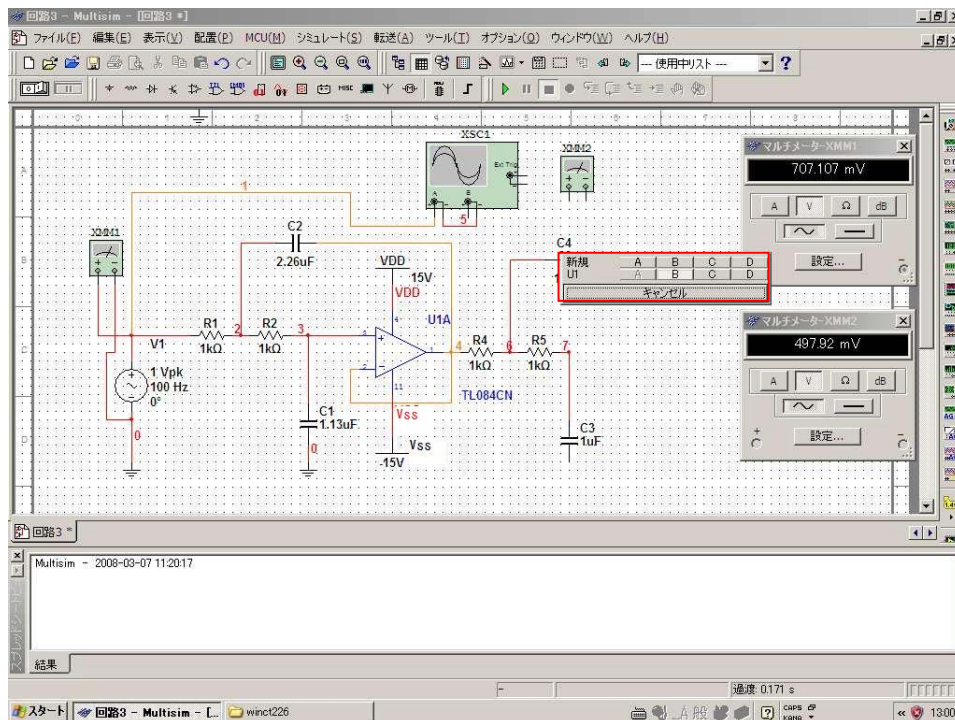


図 38 後段の OP アンプを配置 (U1 の B を選択)

6-6. マルチメータによる入出力電圧の測定

マルチメータ 2 台を図 39 のとおり配置し、各部のワイヤ接続を行う。信号源の電圧を 1V、周波数を 10Hz、100Hz、1kHz に設定して、マルチメータより入力電圧、出力電圧を読み取る。(マルチメータの利用については 3-1 から 3-7 を参考。)

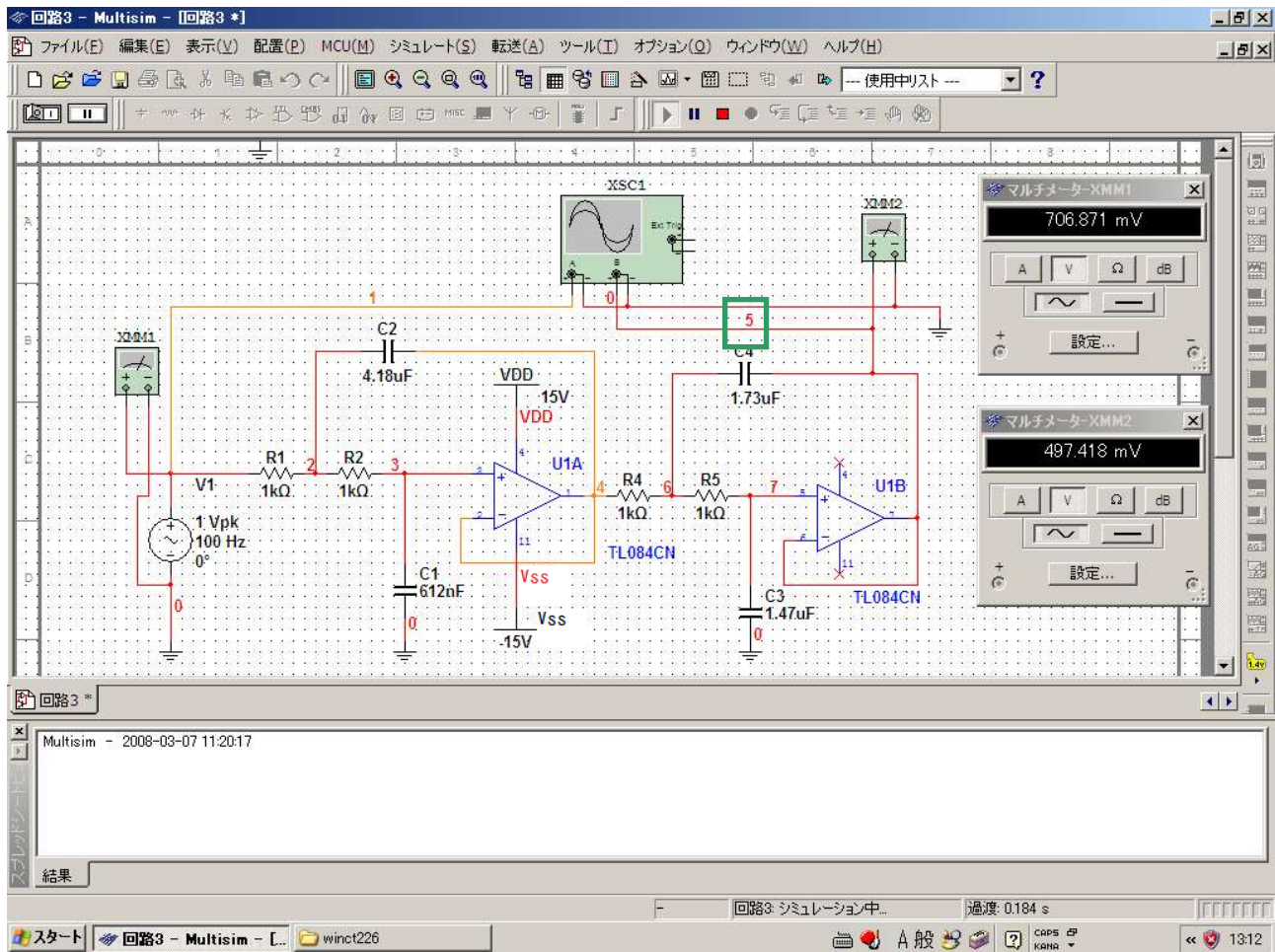


図 39 マルチメータによる入出力電圧の測定（緑枠のネット名は AC 解析時に利用）

以下の表をつくり、測定結果を記録する。実験の記録

表 5 バターワース型 4 次 LPF の入出力電圧の測定結果

信号周波数 [Hz]	入力電圧 [mV]	出力電圧 [mV]	出力電圧/入力電圧 [dB]
10			
100			
1k			

*入出力電圧比は、デシベル単位であることに注意する。

6-7. AC 解析による周波数特性の観察

AC 解析の設定を以下のとおりに行う。設定方法は、4-1 を参考。

- ・ 「周波数パラメータ」タブ内「開始周波数」を 1Hz, 「停止周波数」を 10kHz, 「垂直スケール」をデシベルにする。
- ・ 「出力」タブの「解析用に選択した変数」では、回路図より OP アンプ出力部ワイヤのネット名を調べ、選択する。(例えば、図 39 ではネット名が 5 であるので V(5) を選択している。)

AC 解析を実行するには、AC 解析ダイアログ下の「シミュレート」ボタンを押す。グラフが表示されているグラフダイアログのカーソル機能を使い、10Hz, 100Hz, 200Hz, 1kHz の振幅値(入出力電圧比)をグラフから読み取る。(カーソル機能の利用については 4-3 を参考。)

また、グラフは画像データで保存し、レポート作成に利用する。(4-4. グラフの保存)

以下の表をつくり、調査結果を記録する。 **実験の記録**

表 6 グラフ特徴点の調査 (バターワース 4 次)

周波数 [Hz]	振幅 [dB]
10	
100	
200	
1k	

*表 5 の測定結果と一致しているかどうかを確認する。

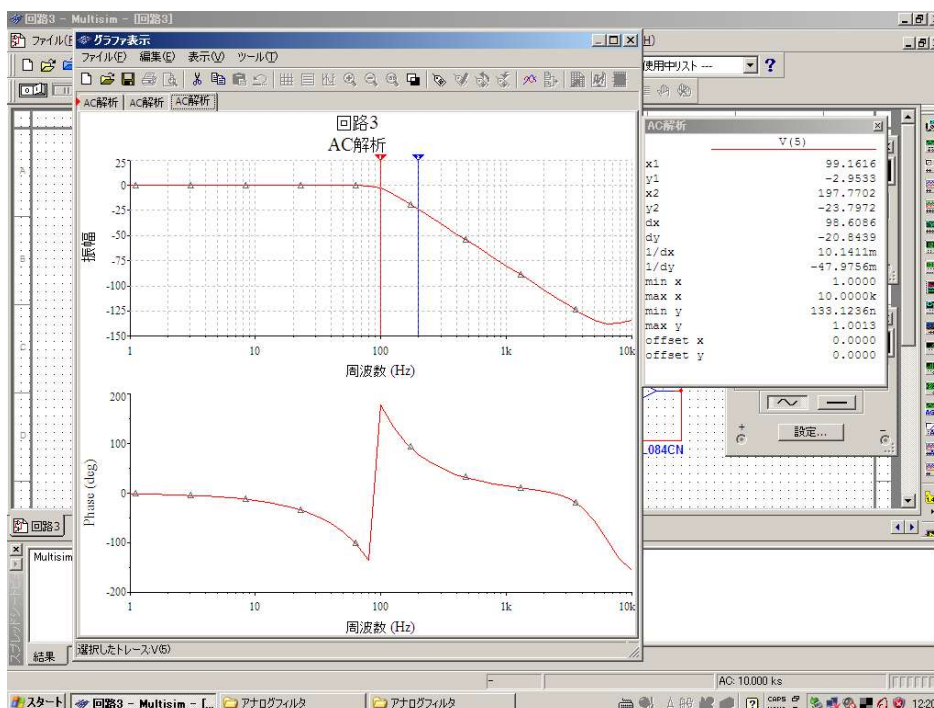


図 40 AC 解析のグラフ表示 (バターワース 4 次)