

「EDA ツールによるデジタルシステムの開発演習」

2002 年 4 月 12 日 電子制御工学科 Ooi George、梅上丈陽、町田秀和

目的

LSI(大規模集積回路)によるデジタル・システムの実現手法を習得する。
そのために、EDA(電子回路設計自動化)ツールを用いて、以下の手順で回路図の入力から、システムのシミュレーションまでを一通り実践する。

手順 1	開発するシステムの機能の確認	2 ページ
手順 2	基本回路(プリミティブ)の回路図入力	3 ページ
手順 3	プリミティブのシンボル(部品記号)の編集	8 ページ
手順 4	プリミティブのネットワーク接続によるシステム回路図入力	10 ページ
手順 5	コンパイル	11 ページ
手順 6	シミュレーション(テスト波形図入力と結果の確認)	12 ページ

課題は以下のとおりである。各課題についてシミュレーション結果等を確認することにより評価する。

課題

基本編：基本的な組み合わせ回路

- 課題 1 2 入力 4 出力イネーブル付デコーダ
- 課題 2 1 入力 4 出力マルチプレクサ
- 課題 3 4 入力 2 出力イネーブル付エンコーダ
- 課題 4 4 ビット・インクリメンタ/デクリメンタ
- 課題 5 4 ビット・フルアダー
- 課題 6 4 ビット・コンパレータ

応用編：同期回路の応用例

- 課題 7 同期回路のプリミティブ
- 課題 8 シンクロナイザ
- 課題 9 PWM モータドライバの設計
- 課題 10 ロータリエンコーダカウンタ設計
- 課題 11 周波数カウンタの設計

最初に、次ページから課題 1 について詳細に手順を追っていく。以後は毎回、手順 1 のみを解説するので、自力だけで開発していく。

課題 1 2 入力 4 出力イネーブル付デコーダ

手順 1 開発するシステムの機能の確認

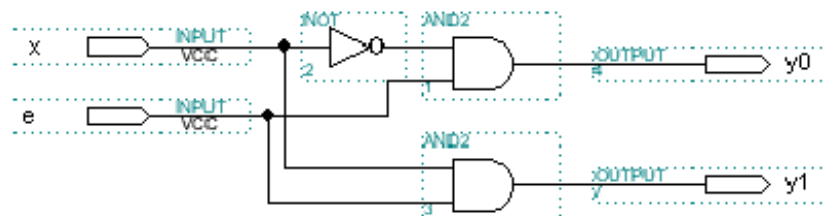
デコーダとは、入力のある組み合わせ(コード)が与えられた時に、出力のどれか一つだけが'1'になる組み合わせ論理回路である。またコントロール入力端子として許可(イネーブル)入力がある。イネーブル入力が'0'の時は入力(コード)の値に関わらず、出力は全て'0'となる。

すなわち、汎用的なデコーダの入出力端子は以下のとおりである。

入出力	機能	信号本数(値)
入力	入力コード	n
	イネーブル	1
出力	選択出力	2 の n 乗

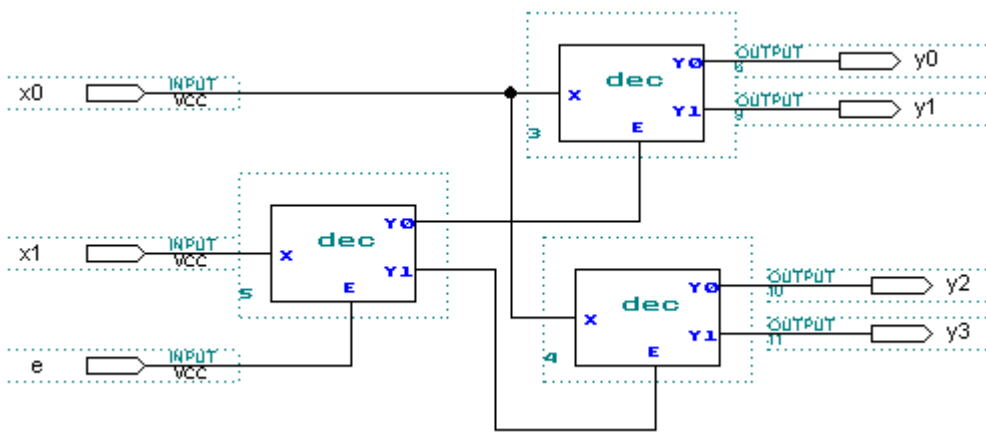
基本回路(プリミティブ) ファイル名 dec.gdf

入 力		出 力	
e	x	y1	y0
0	x	0	0
1	0	0	1
1	1	1	0



ネットワーク接続 ファイル名 dec2_4.gdf

入 力			出 力			
e	x1	x0	y3	y2	y1	y0
0	x	x	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	0
1	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0



手順2 基本回路(プリミティブ)の回路図入力

図1のデコーダ・プリミティブの回路図を作成する。

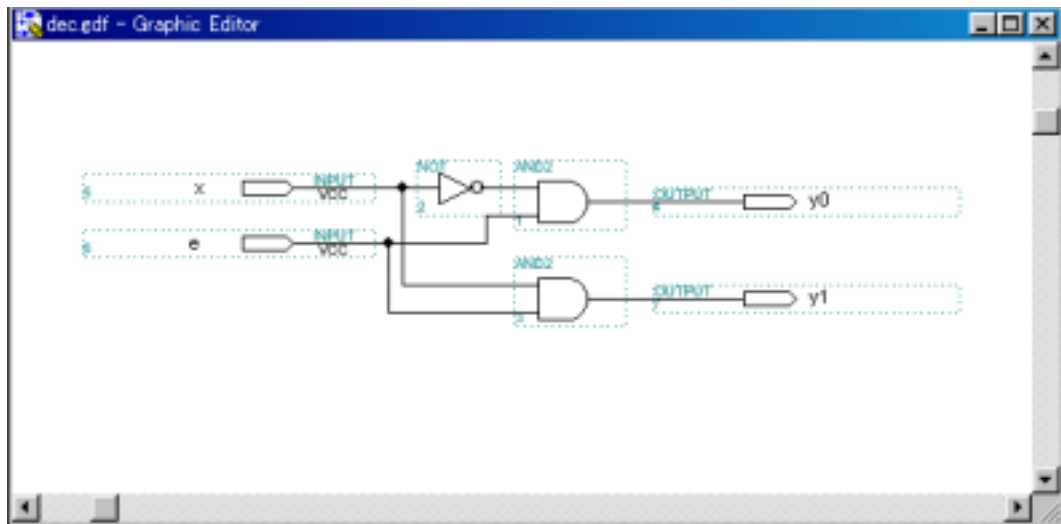


図1：デコーダのプリミティブ

ステップ1 グラフィックエディタの起動

図2の新規作成ボタンを左クリックして、図3のように Graphic Editor File(gdf)を選択して、OKをクリックする。図4の Untitled 1-Graphic Editor という画面が出てくる。

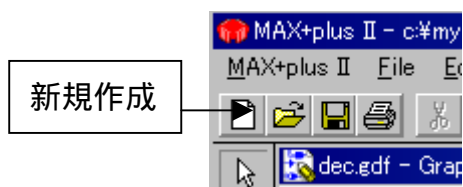
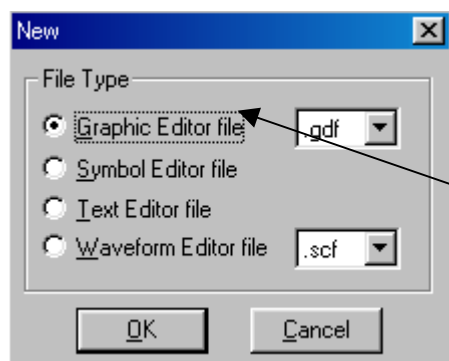


図2：新規作成



Graphic Editor file を選択する。

図3：Graphic Editor File の選択

ステップ2 部品シンボルのライブラリからの取り出し

まず AND ゲートを配置する。図 4 のようにマウスカursorを Untitled 1-Graphic Editor 画面の適当な場所に移動して左ダブルクリックする。

そうすると、図 5 のような Enter Symbol ダイアログボックスが出てくる。そこで、Symbol libraries 欄の c:\¥baseline¥maxplus2¥max2lib¥prim をダブルクリックする。Symbol Files 欄の中に and12,and2,and3,...などが見えてくる。そこで、and2 を選択し、ダブルクリックすると、図 4 のよう 2 入力 AND ゲートが配置される。

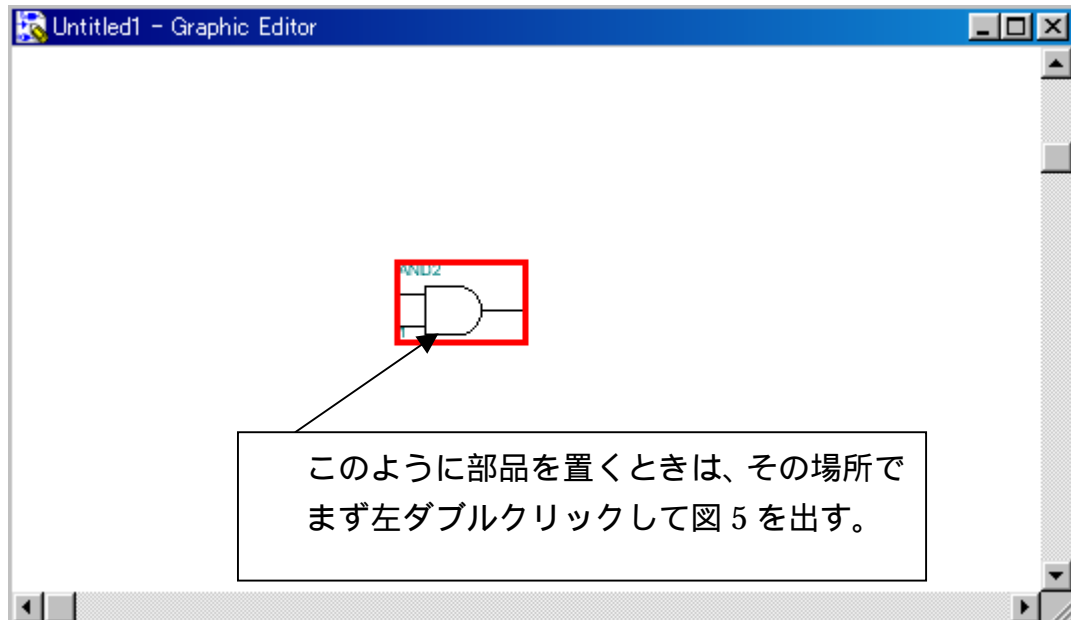


図 4 : ライブラリからの部品選択と配置

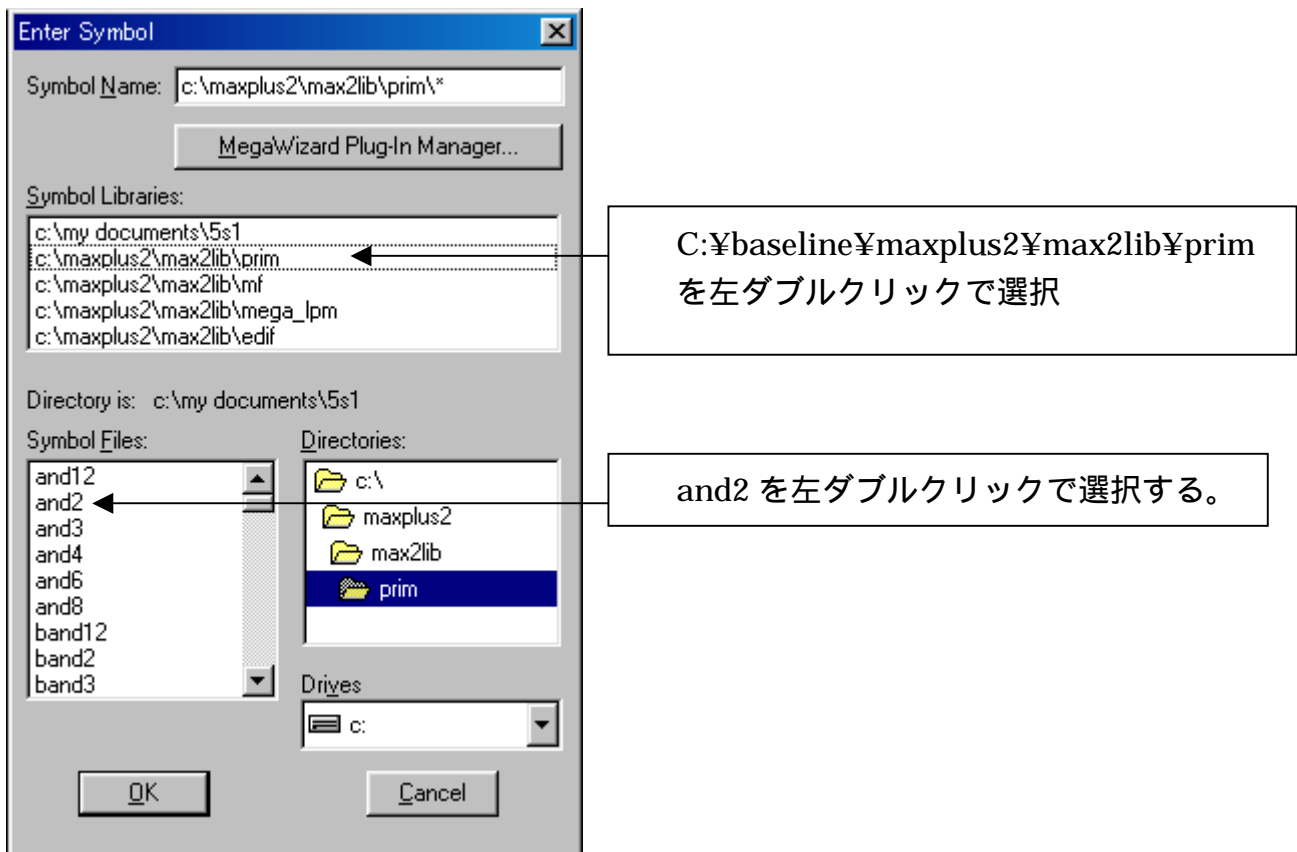


図 5 : Enter Symbol ダイアログボックス

ステップ3 部品のコピー & ペーストによる配置

デコーダ・プリミティブを構成するためには、**and2,not,input** と **output** の 4 種類が必要である。そこで、それぞれを 1 個ずつステップ2 のやり方で配置する。

それから、同じ部品を選択したい場合は該当の部品を左クリックして、**コピー**(Ctrl+c)して、**ペースト**(Ctrl+v)するとステップ2 のやり方を繰り返さなくても良い。

このようにして、**図6**のように全ての部品を配置する。

ところで、**部品を移動**するには、その部品に左クリックしたまま、画面内(Untitled 1-Graphic Editor)のお好みの場所へ移動(**ドラッグ**)させる。また、全図形またはある部分を移動したい場合は移動したい部分の左上から右下までドラッグして離して一旦範囲を指定してから、その指定した部分をドラッグすることができる。

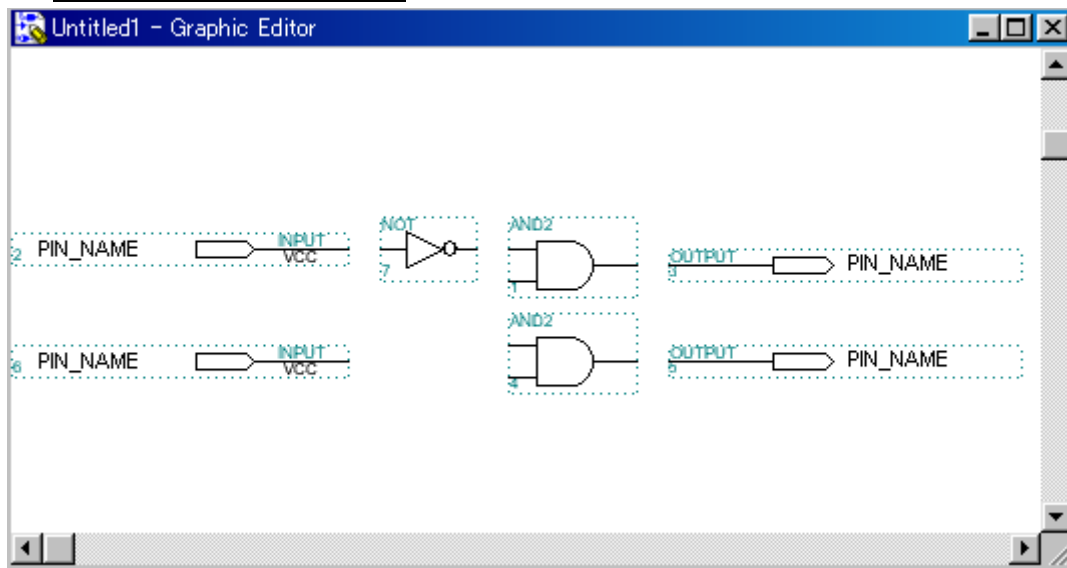


図6：全部品の配置

ステップ4 配線

図1のように部品間を配線をする。配線は**図7**のように、その部品の端子を左クリックして、目的の部品の端子までドラッグして離す。ただし、配線作業をするときは画面を拡大した方がやりやすい。

ポイント1 ほんとうに配線できているかどうかは、部品を少しドラッグしてみて配線がいっしょに移動すれば大丈夫と確認できる。見た目は接続されてるように見えても、実際にはつながっていない場合があるので注意せよ。

ポイント2 **図8**に示すように配線の途中からさらに配線したい場合でも、目的の部品の端子から配線する。また曲がり配線(L配線)をする場合は直線ごとに配線する。

(**図9**に参照)

ポイント3 配線間違いがあれば、間違った配線の部分をクリックして、'Delete' キーを押すと間違っている部分が削除できる。要らない部品の削除も同様である。

ある部品の端子から他の部品の端子まで左クリックし、ドラッグして、離すと部品配線ができる。このときマウスカースルは点線の十字となる。

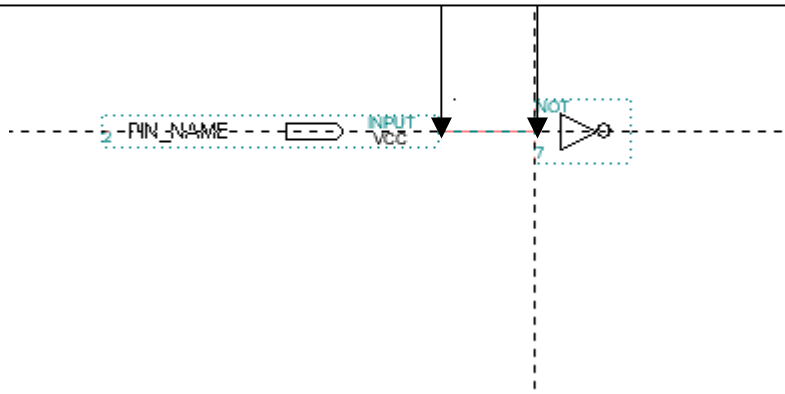
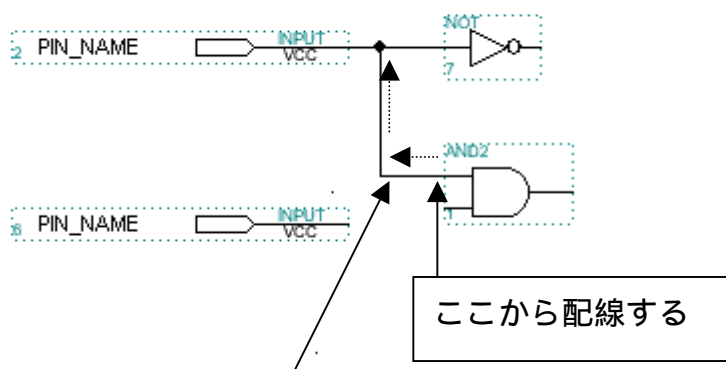
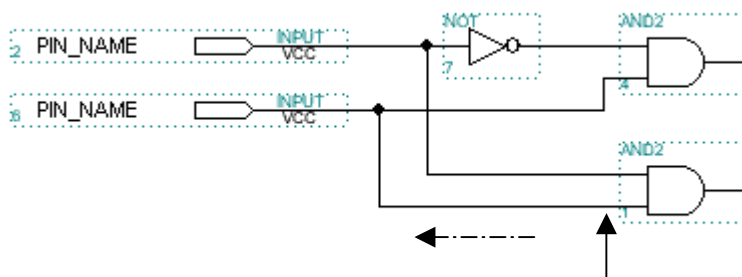


図 7：配線



こういう配線をするときは部品の端子から配線を始める。

図 8：分岐配線



配線は部品の端子から引っ張り、一度、曲がるところで止め(クリックを離す)、そこからもう一度ドラッグして再び配線する。

図 9：L 配線

ステップ5 入出力端子名を名付ける

図 11 のように、入出力端子名の場所をダブルクリックして、黒く反転させ、手順 1 の真理値表どおりの名前に変更する。変更後、エンターキーを押すと、次の端子の名前変更に自動移動する(自動移動は、入力端子あるいは出力端子についてだけ)。

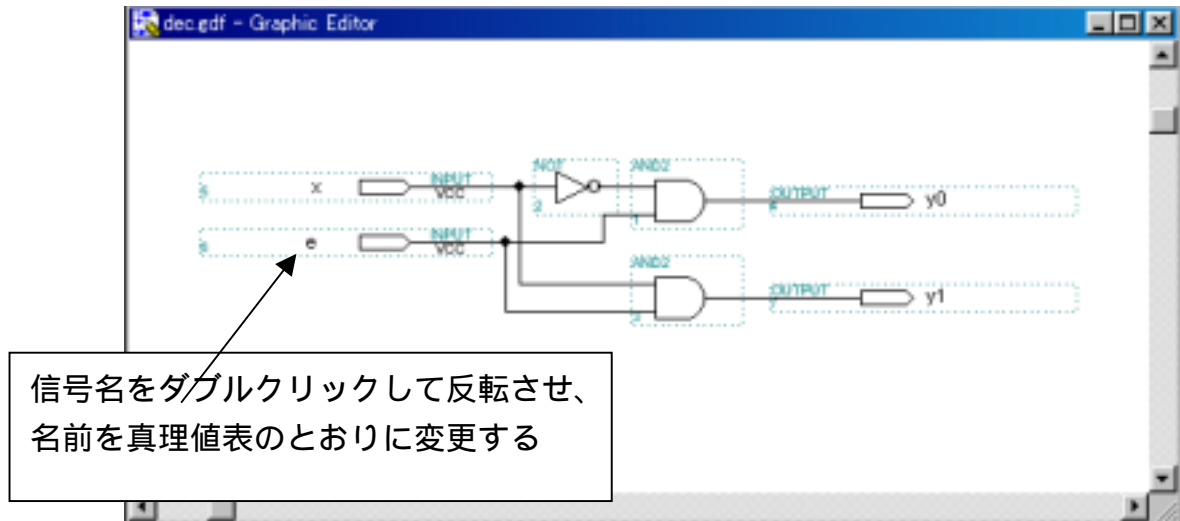


図 11：入出力端子名の更新

ステップ6 回路図の保存

図 1 の回路図が完成したら、配線を確認してから、図 10 の手順で保存する。保存先は自分のホームディレクトリ、ファイル名は手順 1 で指定している dec.gdf とせよ。

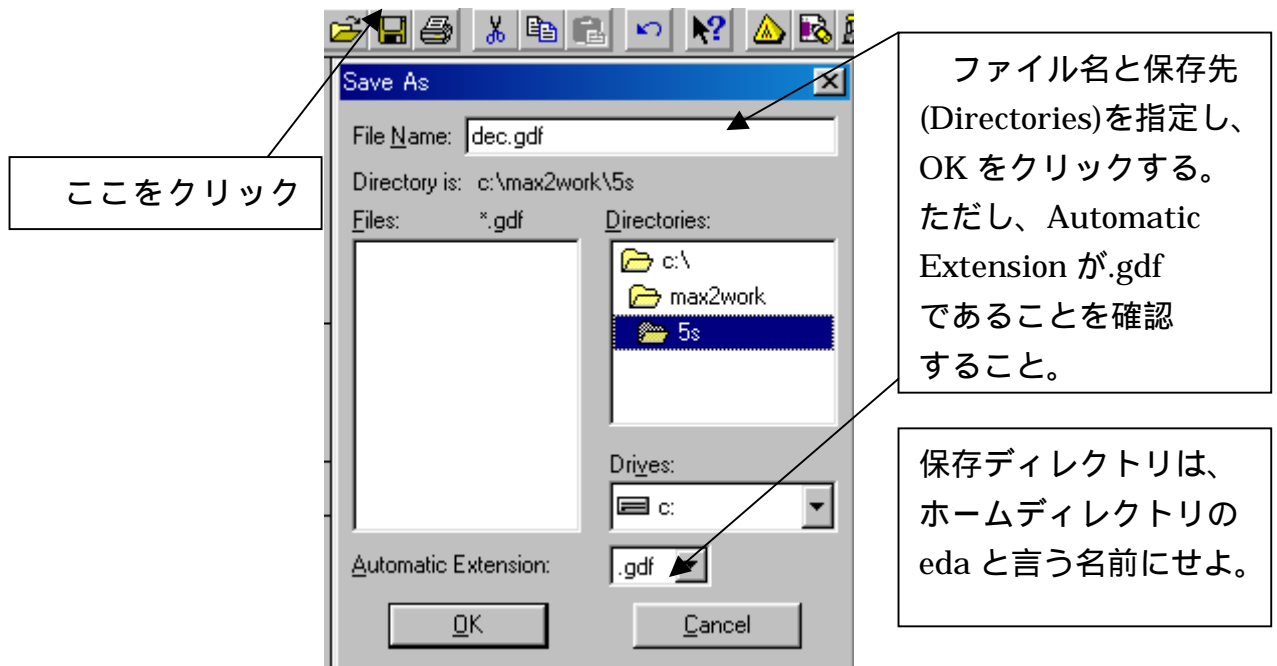


図 10：図形の保存

手順3 プリミティブのシンボル(部品記号)の編集

ステップ7 プリミティブのシンボル作成

完成した図 1 のプリミティブ回路自体を一つの部品シンボルとする。図 12 に示すように、メニューの File の Create Default Symbol にクリックする。この操作は一瞬で終わる。

これでグラフィックエディタウィンドウを右上の×ボタンをクリックして閉じる。

ステップ8 シンボルエディタの起動

作成したシンボルを編集するためにシンボルエディタを起動する。図 13 に示すように、ファイルオープンして、Symbol Editor files の欄にチェックが付いていることを確認する。そして、先ほど作成したシンボル名(dec.sym)を選択し、OK をクリックすると、図 14 に示すようなシンボルが表示される。

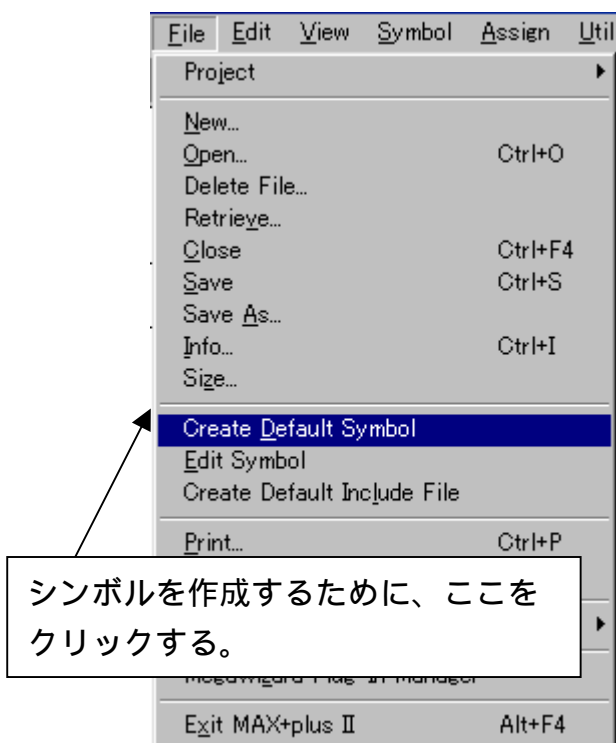


図 12：シンボル作成



図 13：シンボルエディタ起動

ステップ8 シンボルの編集

図 14 のシンボルのピン(入出力端子)の位置はデフォルト位置になっている。

これを手順 1 のネットワーク接続回路のようにピンの位置になるように編集する。

シンボルの編集(ピン位置または文字位置)は、編集したい部分を右クリックすると、編集メニューが出てくる。そのメニューを利用して、シンボルの編集ができる。

ここでは、次のように操作する。

内側の黒色の箱内の左側にある E という文字をドラッグして下に移動する。

外側の空色の箱の左縦線上にある x というシンボルをドラッグして下に移動する。

と を接続していた横向きの線を図の位置にドラッグし、マウスの右メニューを出して、**Rotate** をクリックし 270° を選択する。

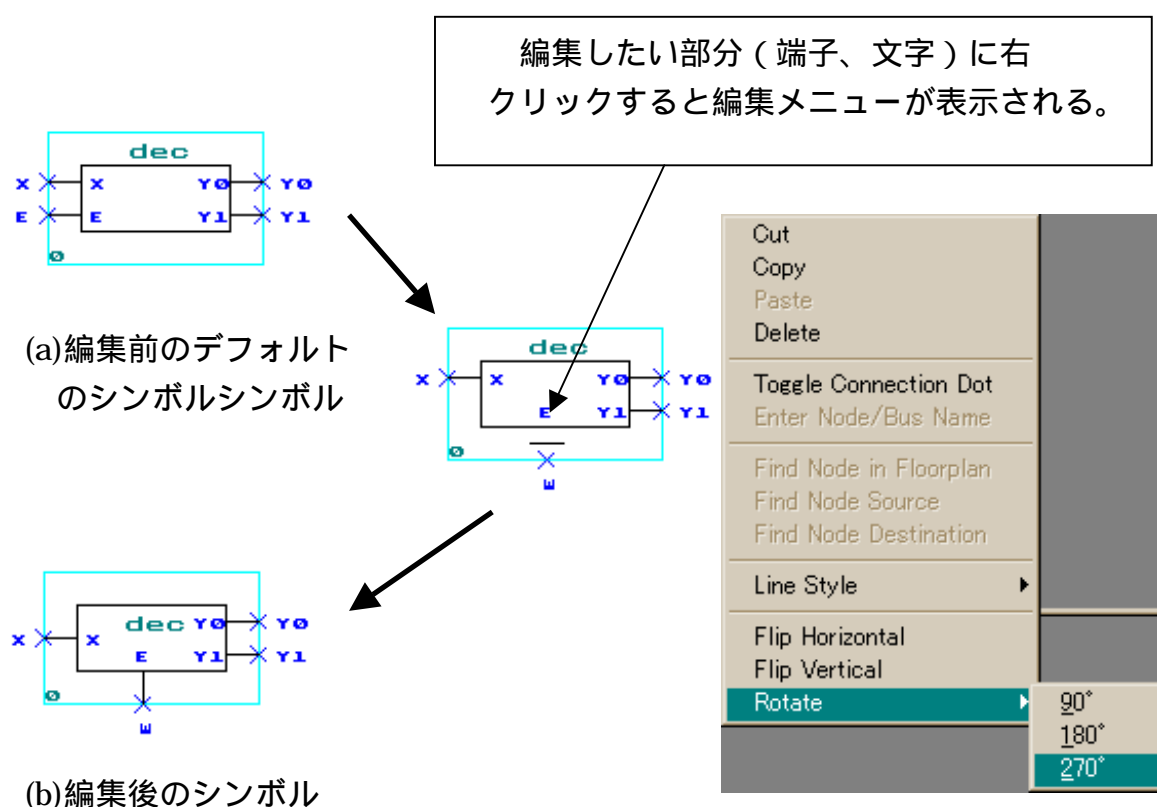


図 13：作成したシンボル

図 14：シンボルの編集

同様にして、端子 x の位置と、シンボル名 dec の位置を図 13(b)のように編集する。

シンボルの編集が完了すれば、**セーブボタン**で上書き保存する。またシンボリエディタウィンドウの右上の x ボタンをクリックして閉じる。

手順4 プリミティブのネットワーク接続によるシステム回路図入力

ステップ9 ネットワーク回路図の作成

ネットワーク回路の作成は手順2のプリミティブの作成と全く同様である。ただし、作成したシンボルを部品として配置する場合は図16のように Symbol Libraries のところにホームディレクトリを指定してから選ぶ。保存名は手順1で指定している(dec2_4.gdf)。

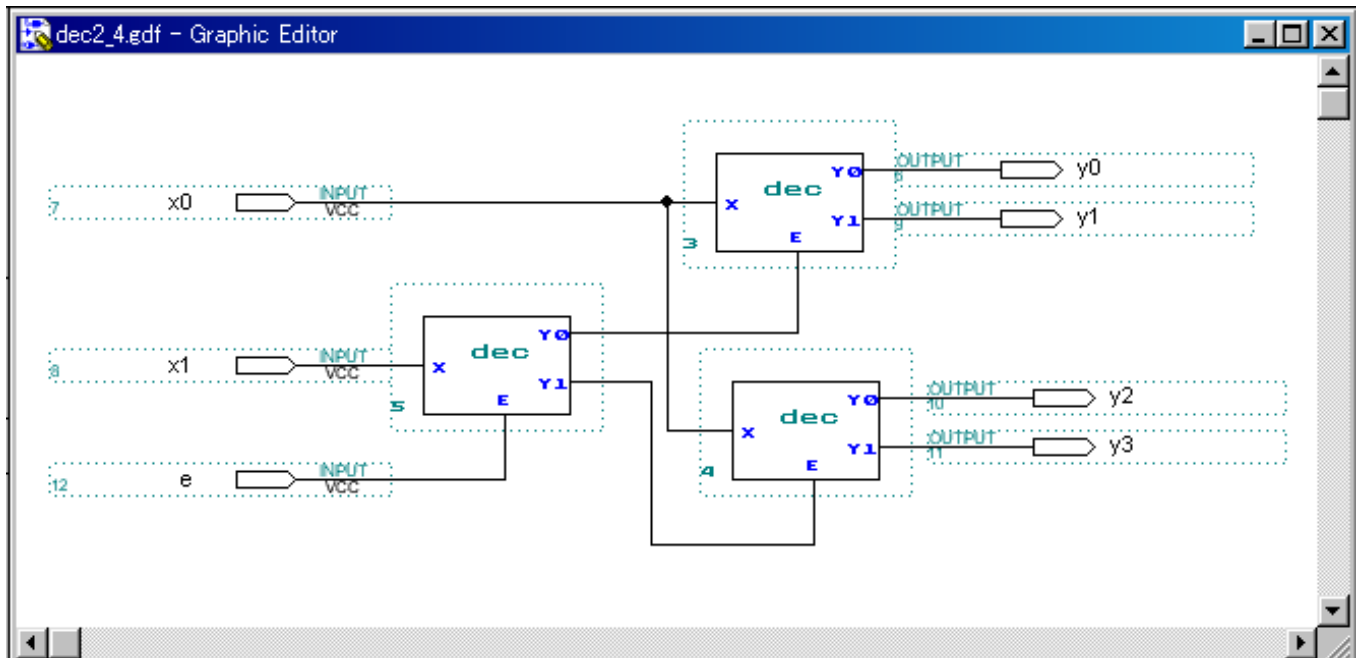


図15：2入力4出力イネーブル付デコーダのネットワーク接続

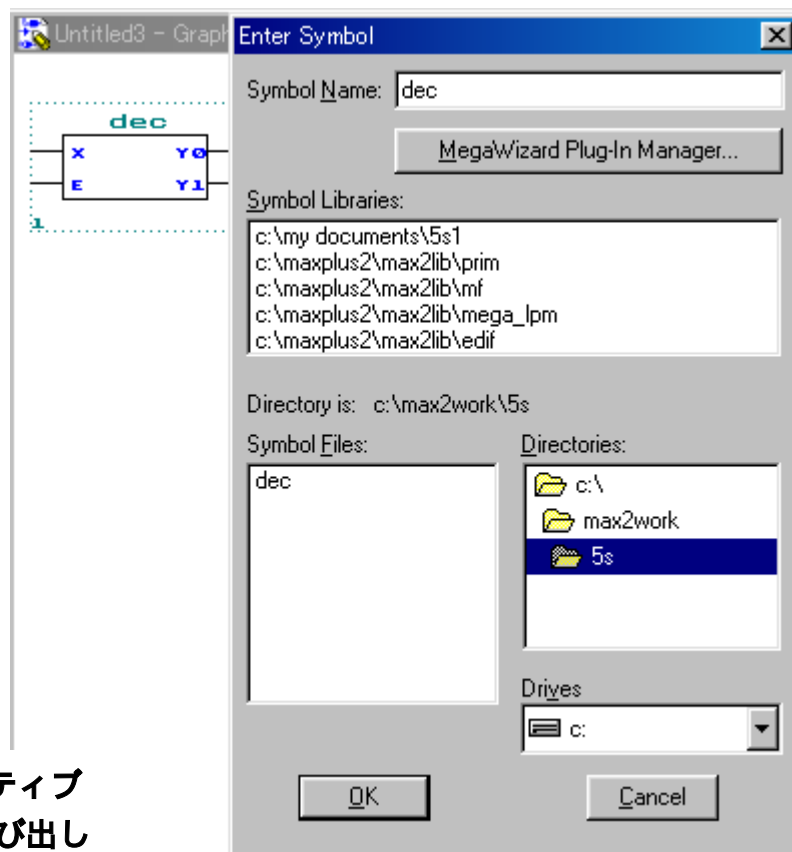


図16 プリミティブ
シンボルの呼び出し

手順5 コンパイル

ステップ10 プロジェクトの登録

これから、作成した回路をコンパイルする作業にはいる。まず、Ctrl+Shift+J キーを押す。これは作成した**現在の回路をプロジェクトに登録**することを意味する。メニューからプロジェクトに登録することもできる。(メニューの File Project Set Project to Current File を選択する。)

ステップ11 コンパイラの起動

コンパイラの起動は図 17 の工場の形のボタンをクリックするか、メニューMAX+PLUS2 Compiler を選択する。また Processing メニューの Function.. をチェックする。

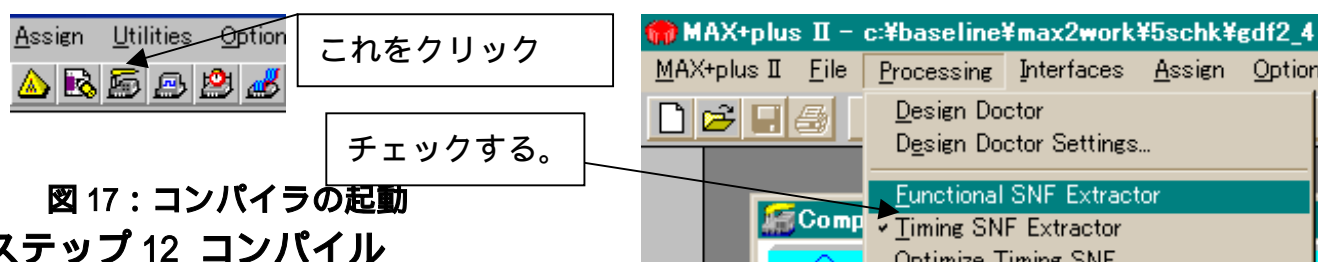


図 17 : コンパイラの起動

ステップ12 コンパイル

図 18 の Start をクリックするとコンパイルが始まる。エラーがある場合は、Messages 画面にエラーが表示される。エラーmessage をクリックして、間違っているところが表示される。間違っている部分を訂正し、セーブしてから、再びコンパイルする。

配線がつながっていないことをはじめ、ピン名を指定していないことなどがエラーの主な原因となる。配線をする際に、画面を拡大することがポイントである。

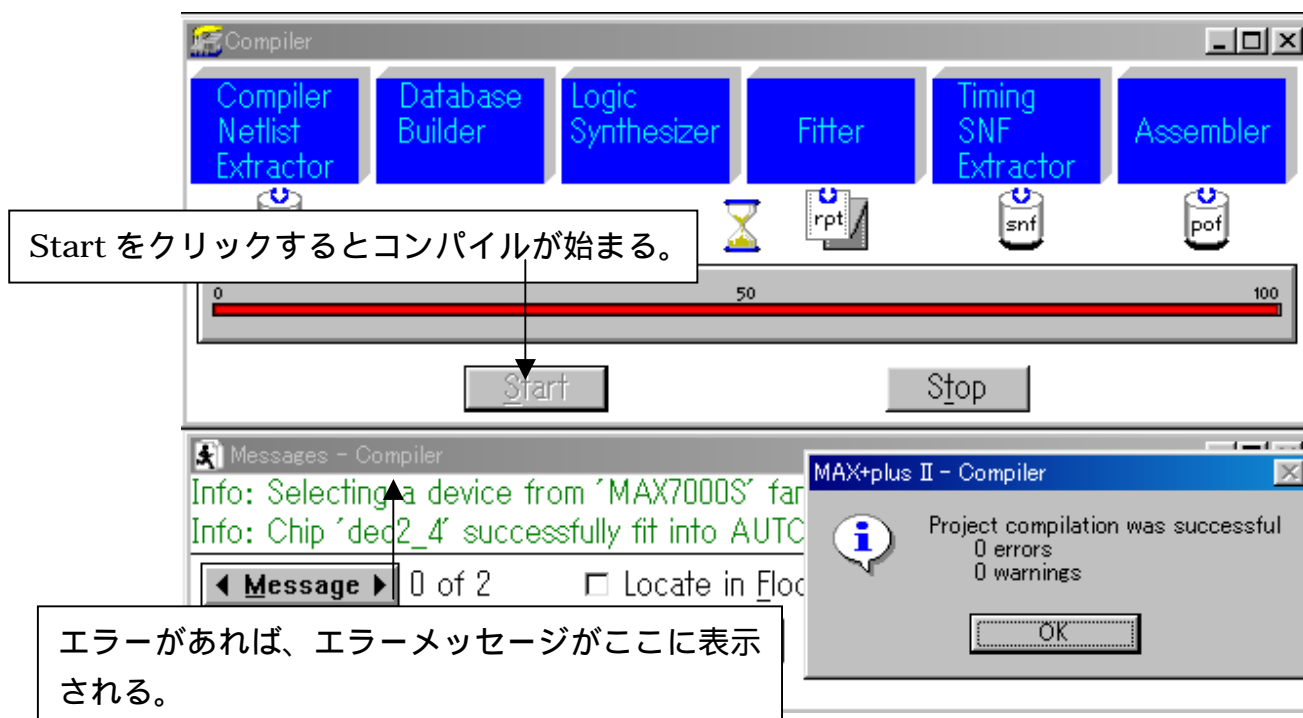


図 18 コンパイル画面

手順6 シミュレーション

コンパイル過程がエラーなく終了したら、本回路のシミュレーションをやってみよう。シミュレーションによって、本回路が正しく動作しているかどうか確かめることができる。

ステップ 13 波形エディタの起動

図 19 に示すように新規作成から、Waveform Editor file(.scf)を起動する。図 20 のように Waveform Editor の画面が表示される。

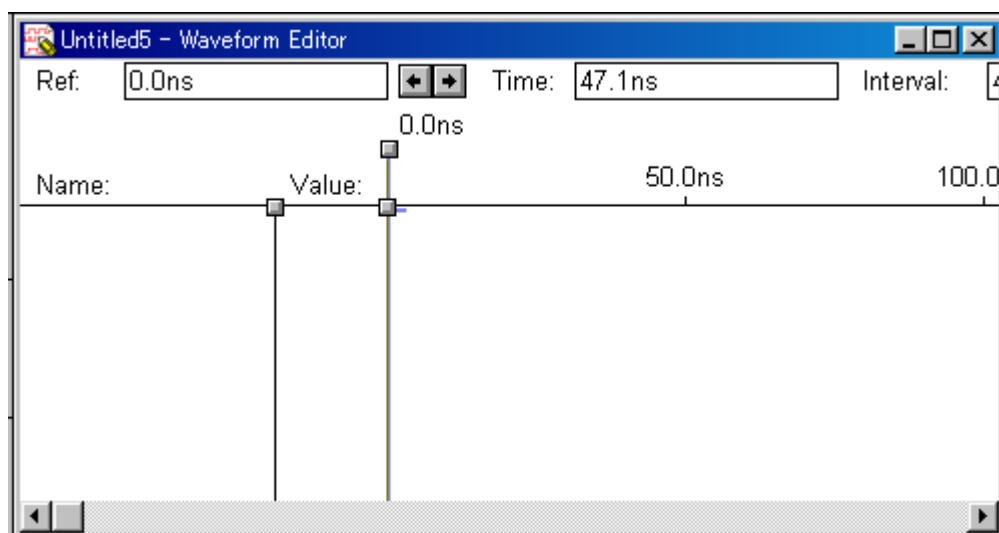
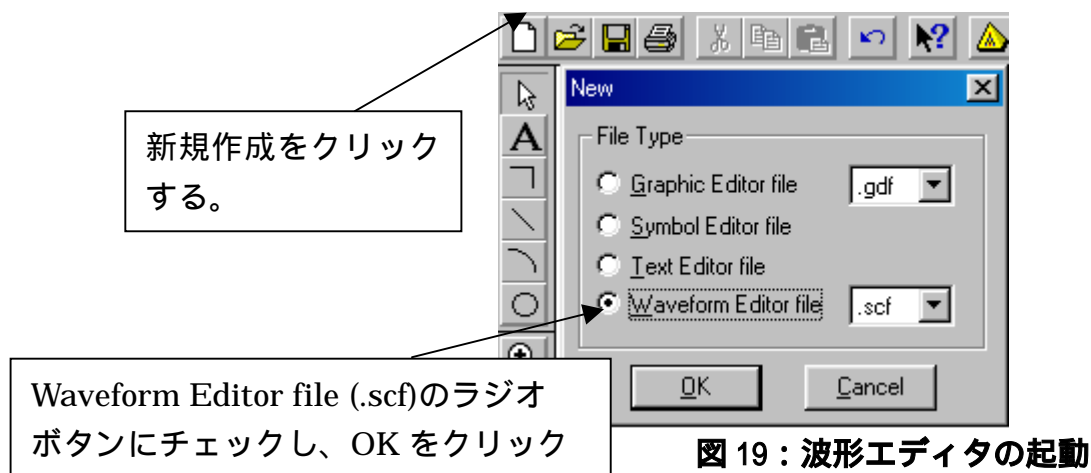
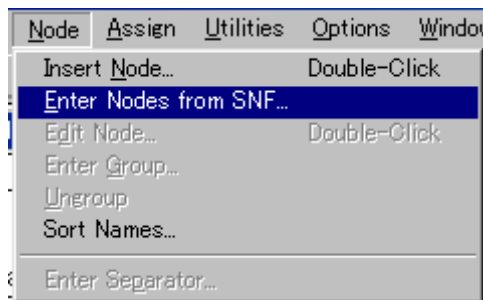


図 20 : Waveform Editor の画面

ステップ 14 入出力端子情報の取り込み

図 21 のようにメニューの Node をクリックし、Enter Nodes from SNF を選択する。



メニューの Node をクリックし、さらに Enter Nodes from SNF をクリックする。

図 21 : .snf ファイルから入出力の挿入

そうすると図 22 が現れるので、図中の手順で入出力端子情報を取り込む。OK ボタンをクリックしたら、図 23 に示すように Untitled Waveform Editor の画面が出てくる。

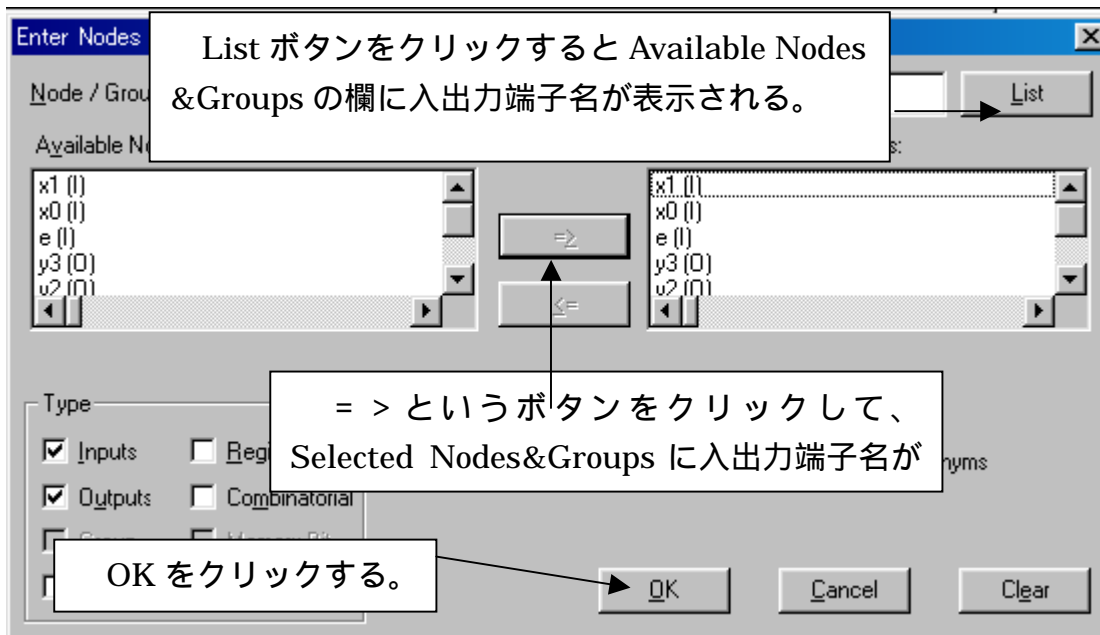


図 22: シミュレーションに表示される入出力端子名の選択

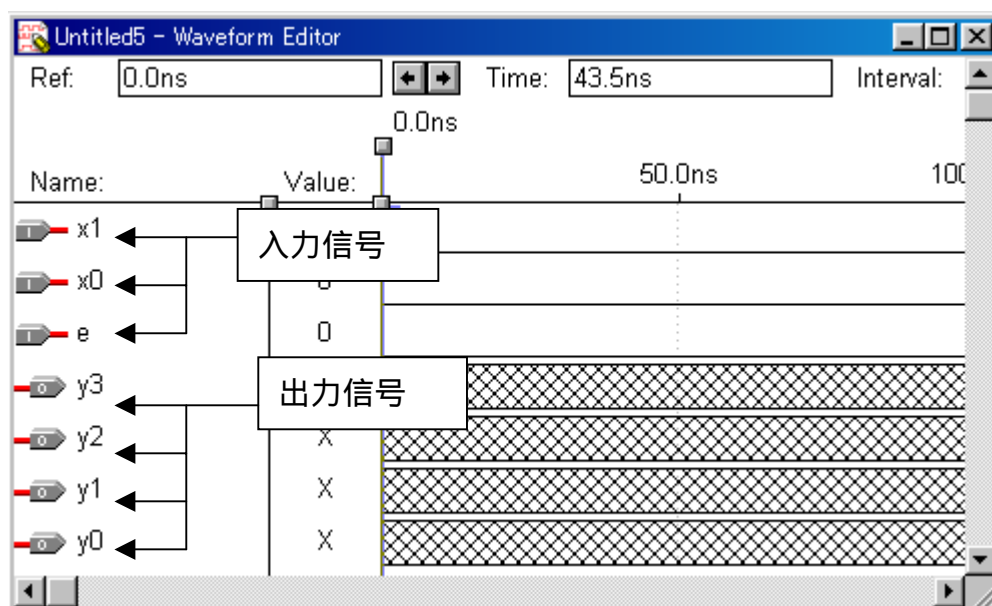


図 23 : シミュレーションに用いる入出力信号

ステップ 15 入力波形の編集

ネットワーク回路のシミュレーションする際に、テスト入力信号パターンを与える。
このテスト入力信号パターンは、**手順 1** で与えられた**真理値表**に基づくものとする。

ステップ 15-1 全ての組み合わせが必要な入力の編集

まず、**図 24** のように入力信号 x_0 と x_1 と e の波形を作成する。これは真理値表どおりに、 x_0 と x_1 と e の全ての組み合わせについて与える必要があるので、連続的な方形波として入力する。

x_0 の入力

図 25 のように、メニューの Option Grid Size で Grid Size を 25.0ns に設定する。

WaveForm Editor ウィンドウの Name の下の x_0 の端子をクリックして、 x_0 全体を選択する。

WaveForm Editor ウィンドウの左側の時計マークの周期的パルス入力ボタンをクリックすると、全時間にわたって、周期 50ns(25ns × 2)の方形波が設定される。

x_1 の入力

x_1 も x_0 と同様に入力する。ただし、で Grid Size を 50.0ns に設定する。この 2 倍ずつに設定するのが、全ての組み合わせを入力するコツである。

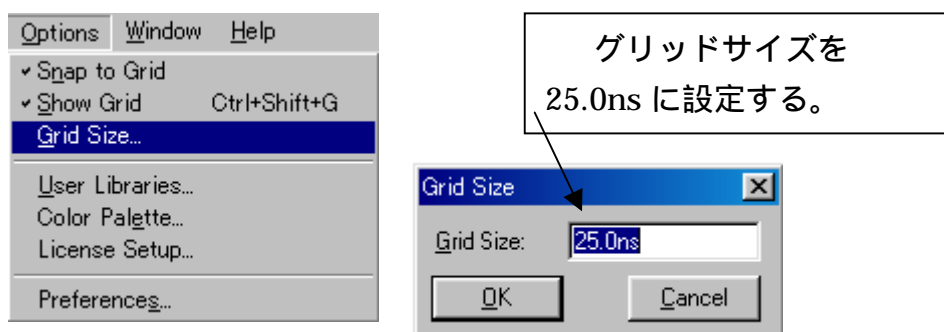
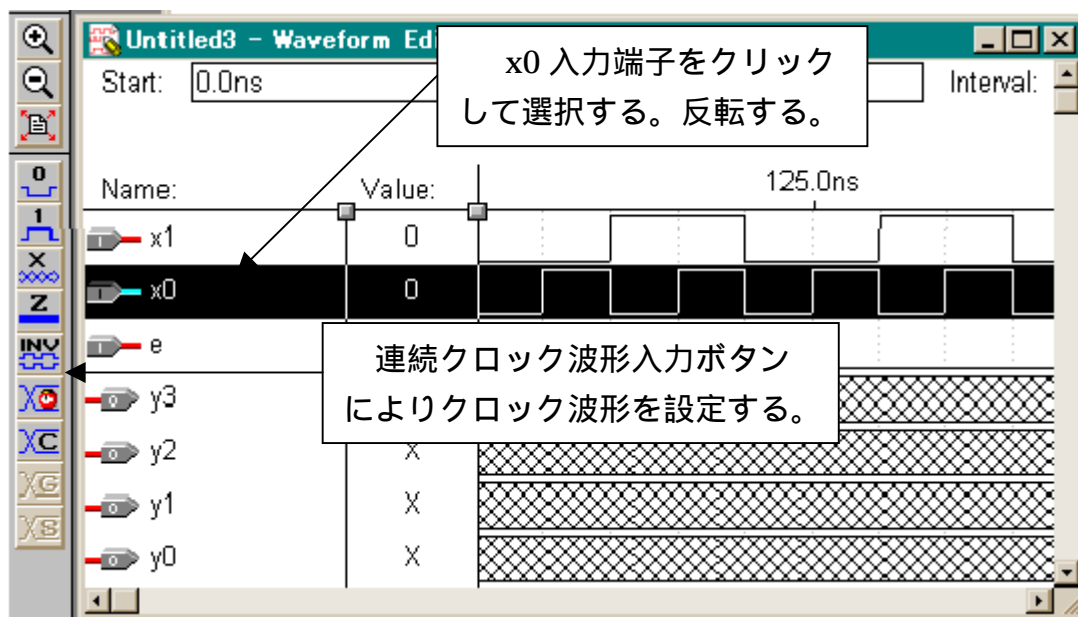


図 24: 全ての組み合わせが必要な入力の編集

図 25: グリッドサイズの設定

ステップ 15-2 ある特定の時間だけ'0'が'1'を指定する信号の入力

例えば、図 26 に示すように e(イネーブル)信号の最初の 50ns までは'0'状態に設定するには、e 端子をクリックし、全体を反転させ、編集メニューの'1'のボタンをクリックして、全体を 1 に設定した後で、

0ns の時点から 100ns の時点まで、左ドラッグして離す。すると e 信号の 0ns から 100ns までの領域が黒くなり、編集メニューの'0'のボタンをクリックするとその領域が'0'に変わる。

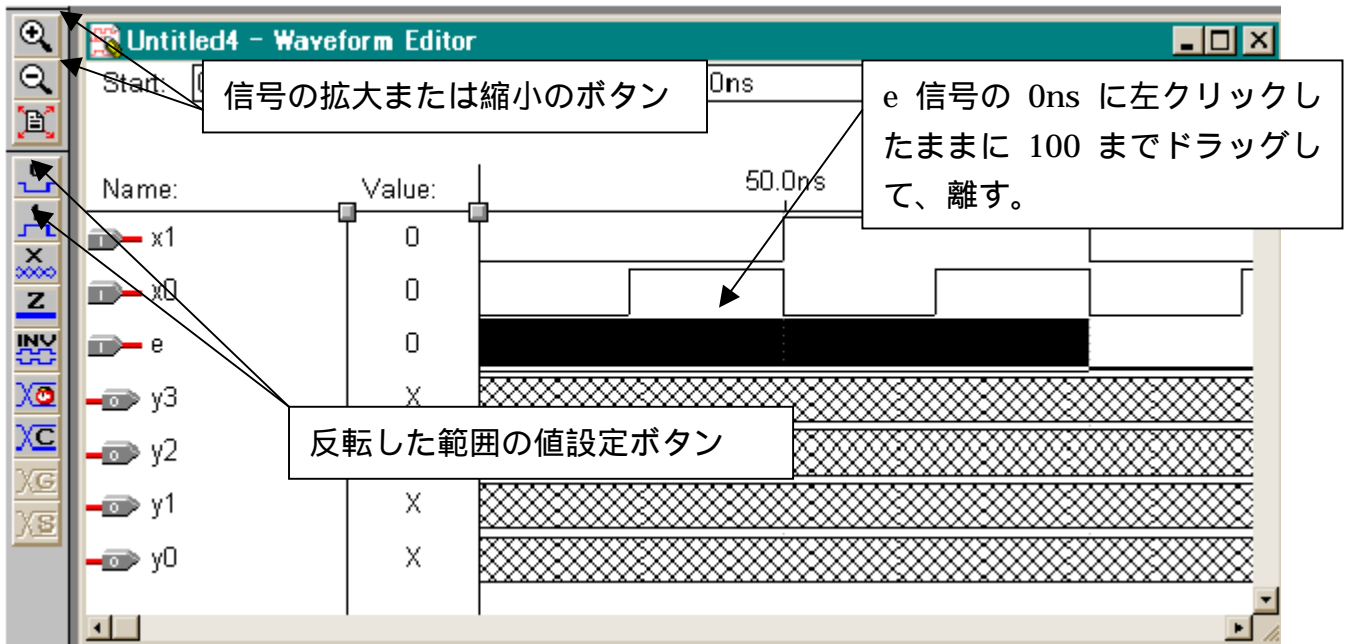


図 26 : ある特定の時間だけ'0'が'1'を指定する信号の入力

ステップ 16 入力波形の編集

入力信号が編集できたら、図 27 のようにして.scf ファイルとして保存する。

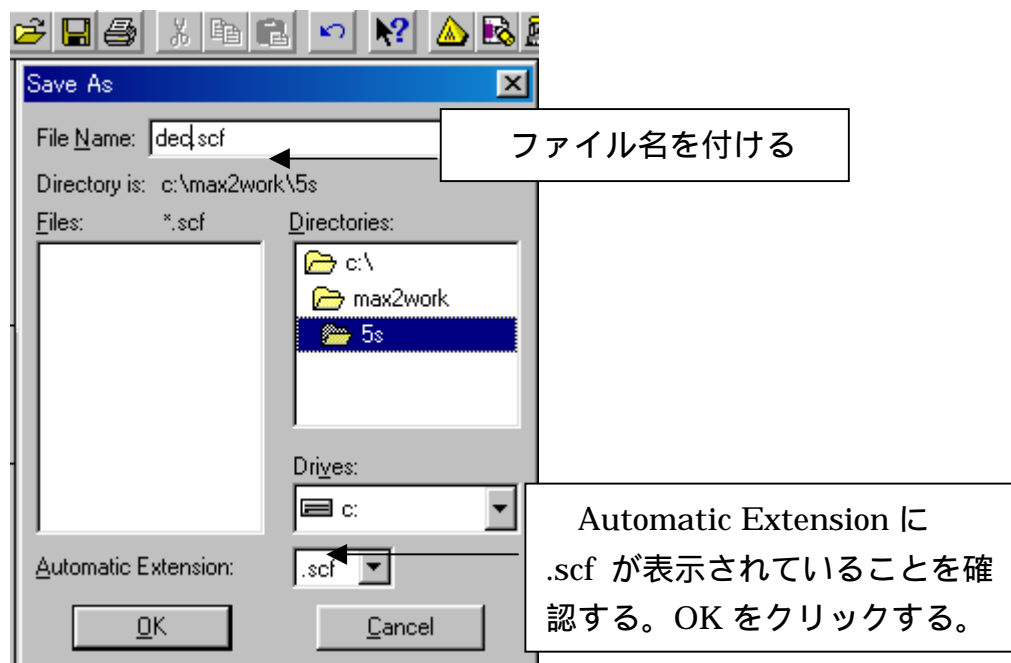


図 27 : 作成したシミュレーション信号の保存

ステップ 17 シミュレーションの実行と確認

図 28 に示すようにシミュレーションボタン(Simulator)をクリックすると、図 29 のような画面(Simulator Timing Simulation)が表示される。

その画面の Start ボタンをクリックする。

エラーが発生しなければ、Max+plus -Simulator の OK ボタンをクリックする。

波形シミュレーションの結果を見るために、Simulator Timing Simulation 画面の Open SCF ボタンをクリックすると、図 30 のような画面が表示される。これは本回路のシミュレーション結果である。真理値表の出力結果と合致していることを確認する。

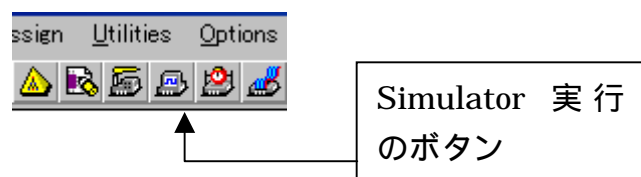


図 28 : 波形シミュレーター(Simulator)の起動

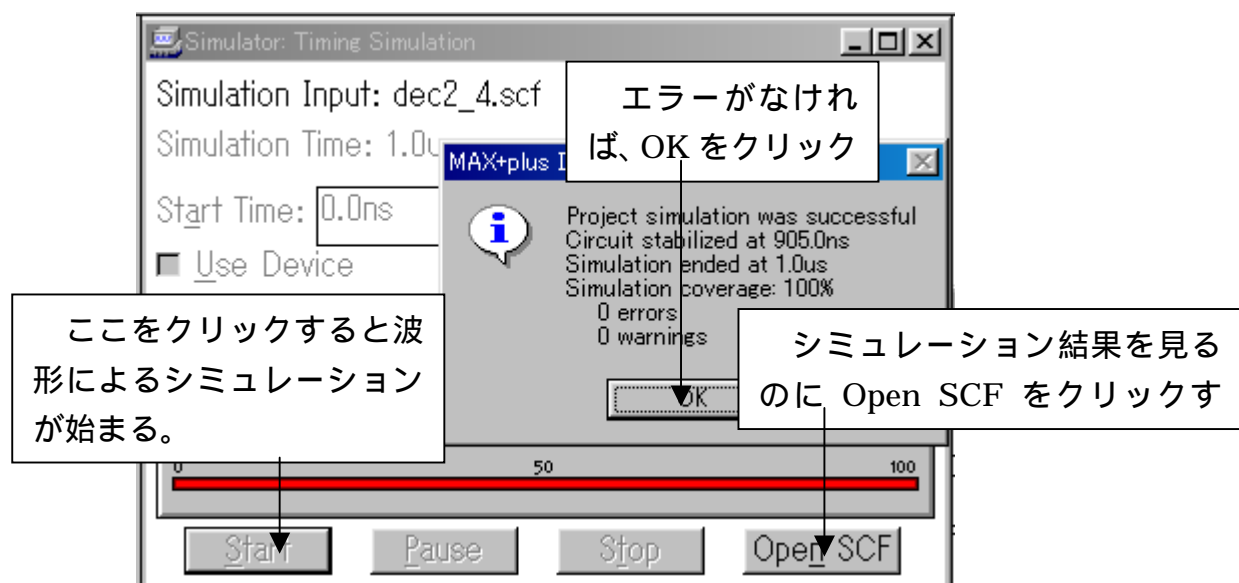


図 29 : Simulator 画面

エラーが表示される場合は、エラー・メッセージに従い、エラーを修正する。

もし、シミュレーション結果が真理値表の結果と異なれば、もう一度、回路を見直すこと。

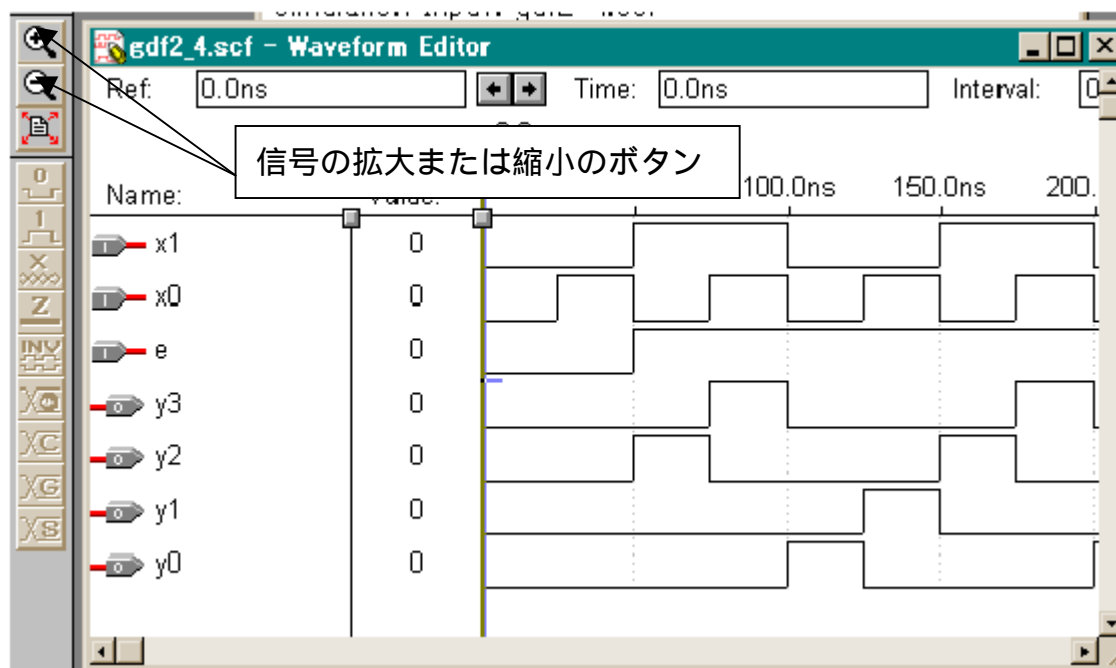


図 30 : シミュレーション結果

シミュレーション結果を観測するには、左の虫眼鏡のボタンで縮小して見やすくすれば良い。出力が真理値表どおりであることを確認し、手を上げて教官を呼び、確認してもらい、ノートに筆写しておくように。

この EDA ツール E+MAX にはここに書いてあること以外の機能がついているので、自分で確かめてください。また、ここに書いてあるものはあくまでも基本操作であるので、色々と調べて下さい。