

Magic 入門

東海大学工学部通信工学科
清水尚彦

1997年 9月 2日

目次

1	さあ、始めよう	2
1.1	Magic とは?	2
1.2	Magic を動作させる	2
1.3	ボックスとカーソル	2
1.4	コマンド発行	2
2	描画基礎	3
2.1	セルとペイント	3
2.2	色塗りと消去	3
2.3	アンドゥとリドゥ	4
2.4	選択	4
2.5	選択領域への操作	4
2.6	ラベル	5
2.7	ラベル名	5
2.8	ファイルとフォーマット	5
2.9	ユーティリティ	6
3	描画応用	6
3.1	ワイヤリング	6
3.1.1	ツール	7
3.1.2	ワイヤリングの基本動作	7
3.1.3	コンタクト	7
3.1.4	ワイヤリングとボックス	7
3.1.5	ワイヤリングと選択	8
3.1.6	組配線	8
3.2	プラウイング	8
4	便利な機能	8
4.1	セル階層	8
4.2	マルチウィンドウ	9
4.3	設計ルールチェック	9
4.4	回路抽出	9

1 さあ、始めよう

1.1 Magic とは？

Magic は対話的に VLSI の回路レイアウトを作成/修正するためのシステムである。Magic を使って基本セルを設計したら、それらを階層的に組み合わせて大きな回路を作る事もできる。

Magic は Mead-Conway の設計スタイルに沿った簡単な設計ルールに基づくツールである。設計ルールを簡単にするために斜めの配線を許さないなど若干の制約があるが、これによる面積の増加は 5-10% である。

1.2 Magic を動作させる

まずは、ログインしてウィンドウシステムを起動する。ウィンドウシステムが起動したら Magic のコマンドを入力する。Magic を動作させるコマンドは `magic [file]` である。[] はこの引数がオプションであり必要としない場合がある事を示している。起動するとコマンドを入力したウィンドウがテキスト入力画面となりその他にグラフィックを入力するウィンドウが表示される。

1.3 ボックスとカーソル

ボックスとカーソルはディスプレイの上のものを選択するために使われる。マウスを動かすとディスプレイ上のカーソルは動く。最初カーソルは十字型をしているが、作業に伴って形を変える。カーソルとマウスボタンで次のようにボックスの位置と大きさを制御できる。マウスは 3 ボタンを前提に設計されているため 2 ボタンのマウスでは操作に制限がある。中央ボタンを押すと書かれている場合、2 ボタンでは左右のボタンを同時に押す事になる。

ボタン	動作
左	ボックスの左下をカーソル位置まで移動
右	ボックスの右上をカーソル位置まで変形

移動や変形がボックスの左下や右上に限られていると不便な場合がある。その時には右と左のマウスボタンを組み合わせることでボックスの任意の角を移動や変形の対象に変更できる。(3 ボタンの場合のみ利用可能)

動作	手順
移動	左のボタンを押したままボックスの移動の基準となる角の近くで右ボタンを一回押し、その後必要な所までカーソルを移動し左ボタンを離す
変形	右のボタンを押したままボックスの変形の基準となる角の近くで左ボタンを一回押し、その後必要な所までカーソルを移動し右ボタンを離す

1.4 コマンド 発行

Magic のコマンドはマウスボタン、キーボードマクロ、ロングコマンドの 3 通りの入力方法がある。簡単なコマンドの練習をしよう。

1. マウスでスクリーン上のどこかにボックスを作成する。
2. `:paint red` とキーボードから入力 (ロングコマンド)
3. マウスで別のボックスをスクリーン上に入力
4. 赤くなった領域にカーソルを持って行き中央のボタンを押す。(マウスコマンド)

5. キーボードからr,e,w,qなどのキーを入力。ボックスの移動を見よう。

キーボードマクロやマウスボタンはロングコマンドを組み合わせたものであり Magic の操作を簡単にするために用意されている。また、キーボードマクロは自分で新しく作る事もできる。

すぐに必要になるもう一つのコマンドは:quit である。このコマンドを入力するとまだデータがセーブされていないというメッセージがでるが、そのままyを入力してリターンキーを押すと Magic が終了する。

2 描画基礎

2.1 セルとペイント

Magic では回路レイアウトは階層的なセルの集合からなる。セルは3つの要素からなる。まず、色づけされた形状であるペイントが回路の構造を決定している。つぎにペイントの属性として文字情報ラベルが与えられる。最後はサブセルと呼ばれる他のセルのインスタンスである。

2.2 色塗りと消去

レイアウトの基本は色塗りと消去である。これらはロングコマンド :paint と :erase もしくはマウスボタンで実行する。色塗りをするにはマウスボタンで行う方が簡単である。塗りたい部分にボックスを置き、塗りたい色のところにマウスカーソルを移動した後中央のボタンを押す事によりボックスが塗られる。その領域のすべての色を消去するには何も塗られていないところにカーソルを移動し同様にマウスボタンを押せばよい。塗りたい色がスクリーン上に無い場合にはロングコマンドで呼び出す事になる。

:paint layers

:erase layers

layers には複数の領域をカンマで区切って与える事ができる。また、領域の名前はつぎのような物がある。

名前	意味
ndiff,green	N 型拡散領域
pdiff,brown	P 型拡散領域
poly,red	ポリシリコン
m1,blue	アルミ 1
m2,purple	アルミ 2
pc	ポリシリコンコンタクト
ndc	N 拡散コンタクト
pdc	P 拡散コンタクト
via	M2 コンタクト
psc	P ウェルコンタクト
nsc	N ウェルコンタクト
pwell	P 型ウェル
nwell	N 型ウェル

領域名は複数の表し方があるがここでは代表的なものを示した。ロングコマンド :layers で領域名の一覧が得られるので、参照する事。

領域のある layer だけ選択的に消去する時には :erase コマンドを用いるか ^D マクロを使う事ができる。^D マクロはキーボードの Ctrl キーを押した状態で D のキーを押す事である。この時、カーソルの置かれて

いる場所の色に対応する layer が選択的に消去される。色が塗られていない部分にカーソルがある場合にはすべての layer が消去の対象となる。

演習：

スクリーンに自由にボックスを書いて色を塗り、ただし、スクリーンに白い点が出ることもあるが、これは後述の設計ルールチェックのためであり今の時点では無視して構わない。

2.3 アンドゥとリドゥ

設計を行う上で直前の変更の修正を行いたい場合がしばしば生じる。その場合、アンドゥ機能とリドゥ機能が役に立つ。ロングコマンドはそれぞれ :undo, :redo であり、頻繁に使われるためキーボードマクロとして u,U が用意されている。

2.4 選択

一度作成された回路の修正にはいくつかの部品を選択して移動、変更、消去などの操作を加える必要がある。Magic ではこのために選択コマンドが備えられている。選択のロングコマンドは :select であり、キーボードマクロとして s が使われる。選択コマンドは十字カーソルの下の矩形領域を最初に選択し、カーソルの移動をせずに再び実行するとその領域に接続している同一の材質からなる領域に選択範囲を広げ、更にもう一度実行すると電氣的に接続されているネットをすべて選択する。カーソルが移動すると前の選択結果はクリアされる。前の選択結果を残したまま選択を行う場合には :select more もしくは S を用いる。ボックスを指定してその領域の部品を指定するには :select area もしくは a を用いる。ロングコマンドでは階層を指定する事によって特定の階層のみを選択できる。前の選択結果を残したまま選択を行う場合には :select more area もしくは A を用いる。選択を解除するには :select clear もしくは C を用いる。

演習：

あらかじめ用意してあるファイル tut2b を用いて選択コマンドの動作を確認せよ。

2.5 選択領域への操作

選択領域に対しては下表のような操作が可能である。ここで、変形は電氣的な接続を保って選択部分を移動するが、斜めの移動は出来ず、縦横の移動も他の部品の接続状況によっては電氣的接続を保った移動が出来ない場合もある。

ロングコマンド	マクロ	動作
:delete	d	選択領域の削除
:move	q,w,e,r,t	選択領域の移動
:stretch	Q,W,E,R,T	選択領域の変形
:copy	c	選択領域の複写
:upside down	-	上下反転
:sideways	-	左右反転
:clockwise	-	回転

t,T,c の各マクロは十字カーソルの位置にターゲットを持って来る。

演習：

tut2b のファイルを使い選択と操作の練習を行え。

2.6 ラベル

ラベルはペイントに付随する文字列であり、回路を利用する他のプログラムへの情報を提供する。多くのラベルはノード名であり、配線、シミュレーション、タイミング解析などのツールにおいて参照される。ラベルは複数の領域が重なっている部分に置くべきではない。

ラベルをつけるには対象とするペイントに十字のマークを置き、ロングコマンド `:label` の引数としてラベル名、ラベル位置を入力する。(ラベル位置はオプションである) 十字マークを作成するにはマウスの左ボタンでマークを置く場所を指示した後、そのまま右ボタンを押す。ラベルは矩形やラインにも付けられ、特殊な用途に利用される。ラベル位置には次のものが使える。north, south, east, west, top, bottom, left, right, up, down, center, northeast, ne, southeast, se, southwest, sw, northwest, nw

ラベルを消すためにはラベルが置かれている領域を削除するか、その領域を選択してロングコマンド `:erase labels` を発行する。もしくは、ラベルの十字マークに合わせて十字のボックスを置き、マウスカーソルを何も置かれていない部分に移動した後中央のボタンを押す。

2.7 ラベル名

利用可能なラベルの文字は数字、アルファベット、空白等であるが空白を含むラベル名を指定する場合にはダブルコーテーションで囲まなくてはならない。この他にもラベル名の使い方に決まりがある。"! "で終るラベル名は大域ラベルとして扱われ、全てのセルにおいて同じ名前前のノードは電氣的に接続される。特別な大域ラベル `vdd!` と `GND!` は電源を表す。また、"`^`", "`$`", "`^`" で終るラベル名はそれぞれ特定ノード、トランジスタソース/ドレイン、トランジスタゲートを意味する属性として扱われる。

2.8 ファイルとフォーマット

通常 Magic で作成したレイアウトは拡張子 `.mag` を持つファイルに格納される。セルをディスクにセーブするには次のコマンドを発行する。

```
:writeall
```

このコマンドは動作を確認して来るが通常そのままリターンすればセルが格納される。もう一つのコマンド

```
:save name
```

は、`name` に "`.mag`" を追加したファイル名を有するファイルにセルを格納する。

一度セーブされたセルは

```
magic name
```

として呼び出せる。

2.9 ユーティリティ

いくつかの便利なコマンドがある。

```
:grid [spacing]
```

は画面にグリッドを表示し描画の助けにする。マクロgが:gridにマクロGが:grid 2にそれぞれ割り付けられている。

```
:zoom factor  
:findbox [zoom]  
:view
```

はスクリーンの見え方を制御する。:findboxは指定したボックスを画面中央になるように画面を移動させる。zoom オプションが付けられた時にはそのボックスがちょうど入るように画面のズームを調整する。:viewは全セルが画面に入るようにズームと画面位置を調整する。マクロZが:zoom 2にマクロzが:findbox zoomにマクロBが:findboxにマクロvが:viewにそれぞれ割り付けられる。

```
:box
```

はボックスの位置と大きさの情報を出力するコマンドであり、マクロbに割り当てられている。

```
:what
```

は選択したものの情報を出力するコマンドである。

```
:macro [char [command]]
```

はマクロを定義/参照するコマンドである。

3 描画応用

前章で基本的なペイント手法について説明したが、この章ではペイントを容易にするために Magic に備えられているワイヤリングとプラウイングについて説明する。

3.1 ワイヤリング

前章のボックスとペイントによる手法はどんなレイアウトを作成するためにも使えるが、新しい領域をペイントするたびに3回の操作が必要となりあまり効率が良くない。本章ではこれとは異なる配線(ワイヤリング)を元にした手法を説明する。この手法は現配線材料と配線幅の情報をういてマウスのボタン一つで新しい領域を作成する。ボタンを押すごとに新しい配線領域を拡張できる。

3.1.1 ツール

ワイヤリングについて述べる前にツールについて知っておく必要がある。これまでの話の中ではマウスのボタンはボックスの指定に用いて来たが、実際には選択されたツールによってマウスボタンの意味は変わってくる。現在のツールの情報を入手するには

```
:tool info
```

のマクロコマンドを実行する。ツールの選択には

```
:tool [toolname ]
```

を用いる。toolname には box,wiring,netlist,rsim があるが本章では wiring を利用する。また、スペースキーを押す事により上記の順にツールが変化する。

3.1.2 ワイヤリングの基本動作

ワイヤリングツールが選択されている時、マウスの左ボタンは配線の材料と配線幅を選択するために使われる。

演習：

tut3aのファイルを用いて選択の練習を行え。

配線材料が選択されたら配線したいところまでマウスカーソルを移動し右ボタンを押す。ここで、Magicでの配線は垂直か水平に限られている事に注意が必要である。斜めを指定した場合、長く配線される方向にのみ配線される。

演習：

tut3aのファイルを用いて配線の練習を行え。

3.1.3 コンタクト

階層間の接続を行うコンタクトもマウスボタンで簡単に配置できる。これは次のような手順で行う。

1. 左ボタンでコンタクトを配置したい場所を選択する。
2. 接続したい階層にマウスカーソルを持って行き中央のボタンを押す。

Magic のテクノロジファイルに記載されていない階層間の接続は出来ないように制限されることに注意。

演習：

tut3aのファイルを用いてコンタクト作成の練習を行え。

3.1.4 ワイヤリングとボックス

ワイヤリングはすでにある配線を拡張する事はできるが、何も無いところから新たに配線を行う事はできない。そこで、その場合にはボックスと組み合わせる事によって新しい配線を作成する。手順を以下に示す。まず、新たに引く配線と同じ材質の配線があればマウスの左ボタンでクリックし、スペースキーを押してボックスツールに変更した後必要なところにボックスを配置する。スペースキーを押してワイヤリングツールに戻した後、必要な部分までカーソルを移動し右ボタンをクリックする。

演習：

tut3aのファイルを用いて配線作成の練習を行え。

3.1.5 ワイヤリングと選択

ワイヤリングによって作成された領域は自動的に選択される。そこで配線の誤りは:stretch コマンドもしくはそのマクロであるQ,W,E,R キーによってすぐに修正ができる。あらかじめ誤りなくカーソルを配置して配線することはそれほど簡単ではないが一度配線を行った後に正しい場所を指定するのは容易であるのでこの特徴は良く使われる。

3.1.6 組配線

何本かの並行に走る組配線を延長するコマンドが用意されている。

```
:fill direction [layers]
:corner direction1 direction2 [layers]
```

これらのコマンドを使う時には延長したい領域にボックスを置きコマンドを発行する。

演習：

tut3b のファイルを用いて組配線延長の練習を行え。

3.2 プラウイング

セルの配線が混んでくると一部の領域の配線を動かして領域を作る必要がある場合がありうる。その時、`:stretch` 等で一つずつ動かすのはたいへんであり、また設計ルール違反の誤りも混入しやすい。Magic ではプラウイングという方法でこの場合に対処する。

```
:plow direction [layers]
```

ボックスで選択した領域の指定した配線階層を指定した方向に寄せて領域を作成する。この時設計ルールは自動的に満たされる。

演習：

tut3d のファイルを用いてプラウイングの練習を行え。

4 便利な機能

本章では LSI レイアウトを容易にする Magic の便利な機能を紹介する。

4.1 セル階層

Magic ではレイアウトはセルの階層構造を持つ事ができる。階層構造を使うとレイアウト設計は大幅に省力化が可能となる。次のコマンドが階層設計をサポートする。

コマンド	マクロ	説明
<code>:expand</code>	x	選択されたセルの中身を表示する。
<code>:unexpand</code>	X	選択されたセルの中身を表示する。
<code>:getcell name</code>	-	セル <i>name</i> のインスタンスを作成する。
<code>:identify newid</code>	-	セルの識別子を変更する。

演習:

tut4a のファイルを用いてこれらの様子を検討せよ。セルとして `tut4x`, `tut4y`, `tut4z` が利用できる。

4.2 マルチウィンドウ

Magic では複数のウィンドウを用いてレイアウトの編集が可能となっている。これらのコマンドを示す。

コマンド	マクロ	説明
:openwindow	o	ウィンドウを開く。
:closewindow	0	ウィンドウを閉じる。
:over	-	ウィンドウを最上位に移動する。
:underneath	-	ウィンドウを最下位に移動する。
:center	,	カーソルで示したポイントがウィンドウ中央にくるように視点を移動する。

4.3 設計ルールチェック

Magic はレイアウト中の各操作において設計ルールに違反しているかどうかを常にチェックする事ができる。違反した場合には画面上白い点が違反した部分に表示される。違反の理由が不明な時には違反の部分にボックスを配置し:drc whyのコマンドを入力すると違反している設計ルールの説明がなされる。

4.4 回路抽出

Magic では独自の形式のネットリストである .ext ファイルを作成する機能が備わっている。また、外部コマンド ext2spice を用いることで SPICE 形式のネットリストが作成できる。回路抽出を行う場合:extract コマンドを用いる。

文献

本資料は Magic versino 6 の付録” Magic Tutorial” の抄録である。さらに詳しく知りたい場合には原典を参照する事。