

論理図編集入力システム M E L S E S

小栗澄男 村井真一
(三菱電機株式会社 情報電子研究所)

1. はじめに

電子計算機に代表される論理装置は、規模が大きくなり複雑になるにつれ、設計を誤りなく、短期間で完了することが非常に難しくなってくる。この問題を解決するために、設計の各過程で支援または自動処理を行うための CAD (Computer Aided Design) プログラムが開発され、利用されており、今後も素子の集積度向上、論理規模の増大にともない、ますます広範囲に適用されるものと見られている。

ところで、計算機処理を推し進めるに当たって常に問題となることであるが、計算機へのデータ入力をいかに効率よく行うかということは、論理装置 CAD の場合も例外ではない。回路の接続関係記述はシミュレーションやレイアウトなどの CAD を利用するための最初の作業であるが、装置の規模に比例して増加してくる入力データの一つである。この接続関係記述は初期の段階では、定められた書式にてコーディングし、入力する方法であったが、これを改善するために、現在までに次のような方法が提案されている。

- (1) グラフィック・ディスプレイと座標入力装置 (タブレット、カーソル等) を用いて、会話形式にて直接論理回路図を入力するもの。^{[1]~[3]} [4]~[5]
- (2) 論理回路図を画像データとして読み取らせ、パターン認識させるもの。
- (3) デジタイザ、タブレット等の座標入力装置から入力するもの。^[6]

現在の技術レベルで各方法の特徴、欠点を挙げてみると、およそ次のようになる。

- (1) の場合: 元図はラフに書かれていても構わない。
 会話入力のための人手作業時間がかかる。
- (2) の場合: 入力操作に人手はほとんどかからない。
 逆に、元図は一定の形式で清書されていなければならないので、
 元図作成に時間を要する。
- (3) の場合: 低コストで実現できる。
 元図は特に清書されている必要はない。
 デジタイズのための人手作業時間がかかる。

こうして列挙してみると、各方法は使用リソース (計算機、ディスプレイ、画像読み取り装置等)、ランニングコスト (CPU 時間等)、人件費 (オペレータ、設計者、トレーサ) をどのような重みで評価するかによって、優劣がたちまち変わってしまうので、決定的といえるものは今のところないようである。おそらく、それぞれの長所を生かすように組み合わせて用いるのが良いのかも知れないが、我々は (1) の形態をとる論理図編集入力システムを、ミニコンをコントローラとして開発したので報告する。

2. システムの概要

このようなシステムは、汎用の図形処理システム上に作ることもできるが、処理対象に比べて仕様が過大であり、装置も高価であるために、簡単には設置できない。

また汎用計算機にディスプレイを直結した場合、他の多数のユーザに対するサービスも同時に行われているために、十分な応答性能が得られない場合がある。会話形で入力を行う方法では、入力作業時間がかかるため、使いやすく、応答性の良いことが要求されるので、ミニコンをコントローラとした。当システムを利用する場合の設計の流れを図1に示す。

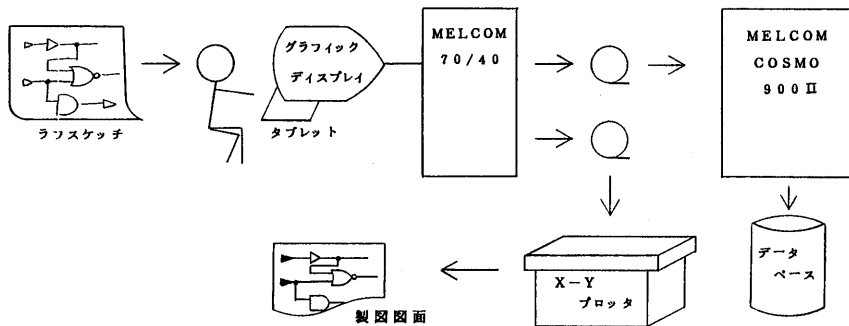


図 1. 設計の流れ

設計者によって、接続関係が正しく表現されているような論理図のラフスケッチ（清書されていない）が作成されると、従来はトレーサによって製図されていたところを、本システムではオペレータにより、グラフィック・ディスプレイ上に会話形式にて直接入力されることになる。そして完成した図面は、X-Yプロッタによって製図されるだけでなく、計算機処理によって論理接続情報が自動的に抽出され、汎用計算機上のデータベース入力記述を作り出すことができるので、従来のコーディングとカード入力を省くことができる。会話入力に要する時間がトレース作業とコーディング・カード入力作業時間の和より能率的でなければならないため、ハードウェア、ソフトウェア共に高速化を計り応答性を改善した。

2. 1 ハードウェア構成

図2にハードウェア構成を示す。グラフィック・ディスプレイには、表示方式の異なるいくつかのタイプがあるが、表示分解能と見やすさで優れているランダムストローク・ストレージ型のものを用いている。しかし、画面の一部修正、消去や拡大、縮小、移動を実行する場合でも、全体消去と再表示を行わねばならないという欠点があり、表示用データの総転送量は膨大になる。この点を解消するためにハードウェアでは、瞬時転送速度が307 Kボーの高速入出力インターフェイスを開発した。端末がビジーでない限り、この速度で送出し、9600ボーのインターフェイスに比べ実効上（ソフトウェアのオーバーヘッド含む）約2.5倍のスピードで描画可能となっている。

接続可能な端末台数は、モニター領域を除いた実メモリ空間によって決まり、1端末当たり88 Kバイト必要なため、3台まで接続できる。

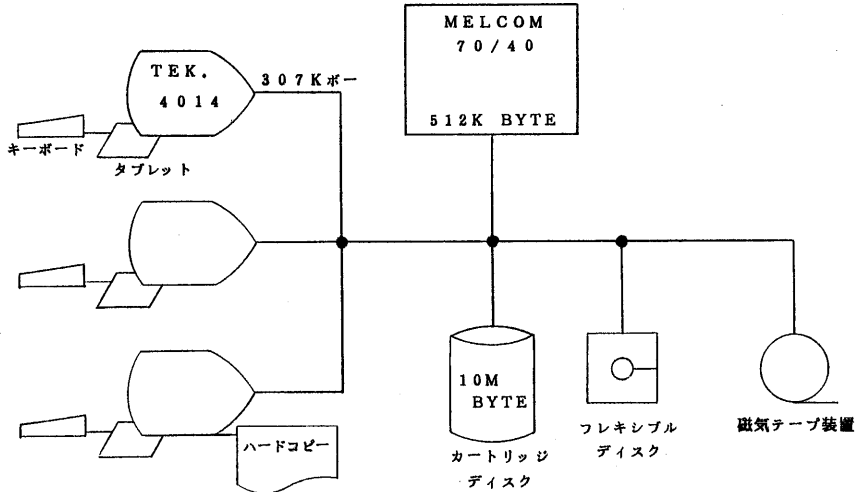


図 2 ハードウェア構成

2. 2 ソフトウェア構成

本システムは、会話形図形処理を行う本体プログラムの他に、5本のプログラムから成っている。以下に各プログラムの機能を記す。

- (1) シンボル登録プログラム : 論理図中で使用する論理シンボル、記号をあらかじめ登録する。このデータはコーディングおよびカードイメージ入力である。
- (2) 信号名の伝搬、チェックプログラム : ネットを追跡し、信号名が正しく記入されているかチェックを行う。
- (3) チェックプログラム : 無記入、多重(ユニークでない)項目のチェックを行う。
- (4) 接続情報抽出プログラム : 論理シンボルと信号線の接続情報を抽出して磁気テープへ出力する。
- (5) データベース入力記述への変換プログラム : 汎用計算機上で動く、フォーマット変換プログラムである。

3. 論理図編集プログラム

3. 1 作画図面

論理回路図は、電気、電子回路図、シーケンス図などと同様に構成要素間の接続関係を抽象化し判り易く表現したもので、機械や構造物の図面のような実寸情報を扱う必要がない。従って、作画図面に対し、一定の制約を設けて仕様を簡単化することができる。ここでは次のような図面を作画できるように決めた。

- (1) 総ての信号線の端点は5mm間隔のグリッド上にあること。
- (2) 総ての接続点は5mm間隔のグリッド上にあること。
- (3) 2400mm×1680mmの図面まで扱える。(およそA0×4枚)グリッド間隔の5mmは、便宜上のことで、どのような長さに解釈するかはユーザの自由である。また、大きさを決めて(例えばA1の大きさ)一部に作画し、複数図面にしてもよい。

3.2 作画要素

本システムで作画できる要素は論理シンボル、信号線、束線、コメント文、線分の5種類である。

- (1) 論理シンボル : 論理機能を表すゲート、フリップフロップ、MSI、LSI、抵抗、コンデンサ、電源、入出力ピン等のシンボルだけでなく、良く使われるマークや飾りも登録して使うことができる。座標指定は1点で、その点を基準点としてシンボルが描かれる。
- (2) 信号線 : ネットを形成するための線分である。始点と終点は暗黙のうちに接続点として取り扱われる。
- (3) 束線 : テータバスを表すための信号線である。
- (4) コメント文 : 図面を説明するために書き加えられる文字列。現在の所、英数字と特殊文字しか扱えない。
- (5) 線分 : 図面を説明するために用いられる線分。ネットは形成されない。

3.3 データ構造

使用ファイルは、シンボルライブラリ・ファイル、作業用ファイル、保存用ファイルの3種類である。シンボルライブラリ・ファイルには、論理シンボルの絵の情報、接続点、共通項目が登録されており、表示や接続情報抽出時に参照される。作業用ファイルは、グラフィック・ディスプレイから会話形式に図面編集を行っている時に使われる。編集後の結果は転送コマンドにより保存用ファイルへ格納される。

3.3.1 シンボルライブラリ・データ

シンボルの例を図3に示す。総てのシンボルは基準点を持ち、この点を相対的な原点として絵の書き方、接続点、表示座標が登録されている。

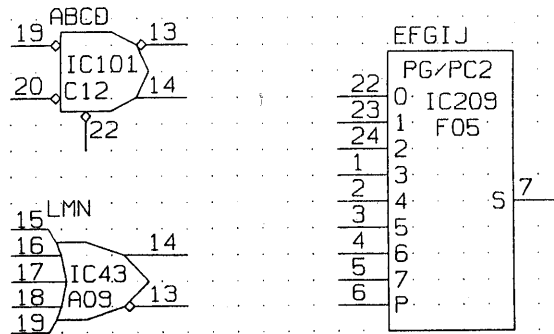


図 3 シンボルの例

シンボルの登録項目を表1に示す。登録項目中の形状データおよび座標データは総て基準点からの距離で表されている。シンボルが作画要素として、図面に書き加えられると、基準点が指定されたグリッド上に乗る、この点を相対的な原点として、

作画、テキスト表示が行われる。

	項目	内容
1	シンボル名	シンボル固有の識別名
2	回路数	実装回路の数
3	詳細形状データ	シンボルの詳細な形状データ
4	概略形状データ	シンボルの外形データ
5	論理タイプ名	論理機能につけた名称と表示位置座標
6	ピン名	接続点の座標、論理ピン名、実装ピン名とその表示位置座標
7	セクション識別名	多論理要素シンボルのセクション識別名表示位置
8	識別名	論理的な識別名の表示位置座標
9	部品識別名	実装部品の識別名表示位置座標
10	部品ロケーション名	実装ロケーションの表示位置座標

表 1 シンボル登録項目

3.3.2 作画データ

グラフィック・ディスプレイから入力した論理シンボル、信号線等は、固有の座標情報、テキスト情報を持った作画データとして、作業用ファイル中に、60バイトのレコード単位に記憶される。信号線、束線、コメント文、線分の場合は1レコード、論理シンボルの場合は入出力ピンの数によって、複数レコードを使用する。作画データの基本フォーマットを図4に示す。

作画番号	ステータス	作画要素名	始点 x y 座標	終点 x y 座標
固有情報 (座標、テキスト等)				

図 4 作画データの基本フォーマット

ステータス : 表示、修正のステータスを示す。

- 作画要素名 : 論理シンボル名、信号線、束線、コメント文、線分の区別。
- 始点、終点座標 : 論理シンボルの基準点が置かれる座標。
信号線等の線分およびコメント文では始点、終点の座標をグリッド値で表す。
- 固有情報 : 論理シンボルの場合は表1の項目6～10に相当する固有情報が入力される。信号線の場合、信号名、表示位置、文字の方向が入力され、コメント文の場合、文字列、表示方向が入力される。

論理シンボルで複数レコードを使用するものは、図4のレコードに引き続き、図5のフォーマットを持った作画データが拡張レコードとして格納される。

作画番号	"EX"ステータス	作画要素名	固有情報
------	-----------	-------	------

図 5 拡張レコード

作業用ファイルは図6に示すように最大5000レコードまでの作画データを格納する領域の他に定数、メニュー値の領域と高速表示用の2次元ディレクトリ領域を持つ。保存用ファイルは作業用ファイルから2次元ディレクトリ領域と未使用作画データを除いたものを保存する。

3.4 処理の高速化

表示画面の拡大、縮小、移動によって表示対象に変化が生じた時、高速に対象を選択するために、2次元ディレクトリを用いている。これは2400mm×1680mmの作画領域を図7に示すように16×16の小領域に分割し、各領域ごとに表示すべき作画データの番号を記憶させている。従って1つの作画データが長い線分や大きなシンボルの場合、複数の分割に渡って作画番号が記憶されることもある。表示領域が指定されると、表示領域に属するディレクトリを参照することによって直ちに対象を決定できる。また、ディスプレイがストレージ型のため同一表示領域の再表示をたびたび実行したり、作画データのコピー、移動、抹消の対象を高速に選ぶために作画データ中のステータスを主記憶上のテーブルにも持っている。一度ディレクトリを参照すると、このステータステーブ

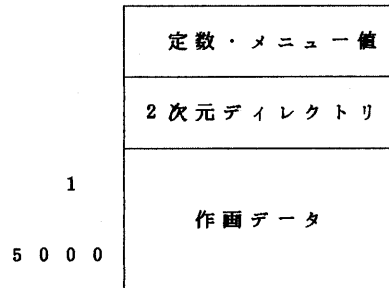


図 6 作業用ファイル

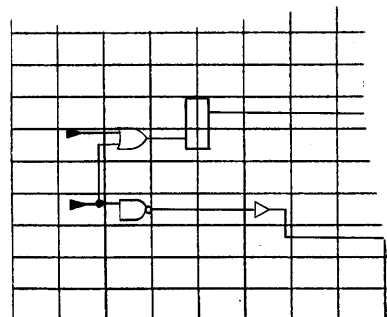


図 7. 2次元ディレクトリ

ルに表示対象ステータスが立ち再表示の場合、主記憶参照だけで作画番号を知ることができる。この他、ステータス操作だけで処理できるコマンドもあり、十分な応答性が確保できている。

3.5 コマンド

合計51のコマンドから成り、ファイル関係、状態制御、ユーティリティ、作画、テキスト、表示オプション、表示領域指定、状態表示、プロッタ出力のグループに分類できる。以下に主なグループの説明を行う。

- *ファイル : 作業用ファイルと保存用ファイル間のデータ転送を行う。…
……………LOAD、STORE.
- *ユーティリティ: 作画データのソート、マージ。
- *作画 : 作画データの追加、抹消、修正、コピー、移動。……………
……………ADD、DELETE、COPY、MOVE.
- *テキスト : テキスト(固有情報)の追加、修正、抹消、移動。……………
……………ADD TEXT、MODIFY.
- *表示オプション: 表示方法の指定。……………TEXT、GRID等の表示。
- *表示領域指定 : 拡大、縮小、移動。……………WINDOW、SHIFT.
- *状態表示 : シンボルライブラリ・ファイルの表示、メニューの表示等。

これらのコマンドは、キーボード入力だけでなく、タブレット上のメニュー領域をスタイラスペンで指示することによって、簡単に入力できる。メニュー値は39個指定でき、ユーザの必要に応じ変更できる。

4. 結果

本システムを使用した場合の結果を図8に示す。A1大の図面を入力するのに平均約3時間を要する。この値は小さくないが、一旦ファイルに登録すると、修正は紙に書かれている図面より短時間でできる。また、図面に書かれた接続情報が完全にデータベース登録されるため、図面とデータベースに不一致が生ずることはない。

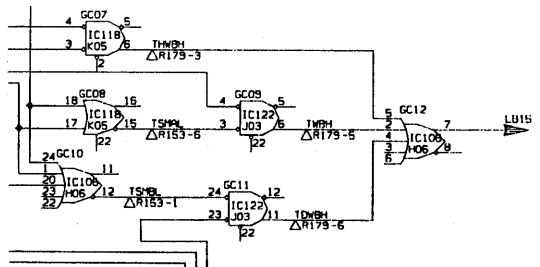
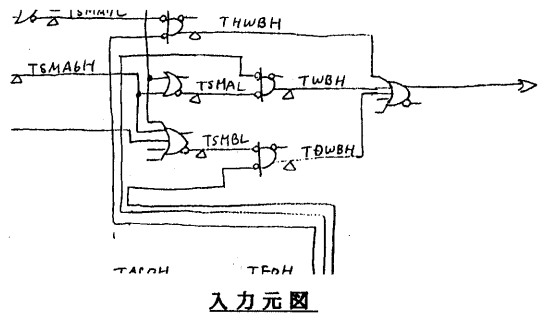


図8 MELSESの元図と結果例

5. おわりに

会話形システムは、トレース作業および、コーディング、カード入力を省略できたが、やはり新規入力時間の長い点が問題である。しかしミニコンをコントローラとした本システムは応答性も良く、修正、類似図面作成には効果の大きいことがわかった。

今後は、論理設計法および他のCADプログラムとの整合性をより一層高め使い易いシステムにする必要がある。

謝辞

本研究を進めるに当たり御指導をいただきました三菱電機・情報電子研究所・情報処理開発部長・首藤 勝 博士、高速入出力インターフェイスを開発していただきました柿沼 守男氏、データベース登録について御助力いただきました計算機製作所・国岡 美千子さん、およびCADグループの各位に感謝致します。

参考文献

- [1] A. Bechtolsheim, Interactive specification of structured design, Proc. 15th Design Automation Conf., pp. 261-263, 1978.
- [2] H. M. Bayegan, CASS: Computer aided schematic system, 14th Design Automation Conf., pp. 369-404.
- [3] D. E. Bering, The electronics engineer's design station, 17th Design Automation Conf., pp. 422-429, 1980.
- [4] 石井、伊藤、岩崎、山本、児玉: 論理回路図の自動入力および会話型編集システム, 信学技報, EC80-16, 1980.
- [5] M. Ishii, Y. Ito and M. Iwasaki, Automatic input and interactive editing system, 18th Design Automation Conf., pp. 639-645, 1981.
- [6] 元岡、伊藤: 関係データベースによる論理設計データ編集システム, 信学技報, EC77-73, 1978.