基板加工機を使用したプリント基板の作成

宮崎大学 工学部 教育研究支援技術センター
外山 貴子

はじめに

私の研究支援先では様々なアナログ集積回路の提案を行ってきているが，近年，設計した回路を実際に LSI 化し，その LSI の評価までを行なうようになってきた．一般に，回路の評価を行う場合は，ブレッドーボードやユニバーサル基板が用いられる．しかし，試作 LSI のピン配置はこれらのものと異なっているため，使用することはできない．そこで，この試作 LSI チップの測定実験を適切に行うことを目的に，プリント基板加工機を使用して LSI 評価実験専用のプリント基板の作成を行った．そこで本報告では，今回新たに技術習得した専用のプリント基板作成の取り組みについて報告する．

キーワード：プリント基板　基板加工機　ガーバーデータ

1. 目的

ここでは，LSI の測定評価実験用の基板作成が行えるようになることを目的としている．詳細には，プリント基板用の CAD を使いプリント基板図を作成できること，また，そのデータをもとにプリント基板加工機が操作できるようになることを目的に設定した．

2. プリント基板加工機での加工について

2.1 プリント基板加工機について

評価用基板を作成するにあたり使用したプリント基板加工機は，工学部の 2 つの研究室所有の 2 機種を使用したが，ここでは LPKF 社 ProtoMat C30（図 1）を紹介する．その規格は，表 1 の通りである．

表 1 プリント基板加工機の規格（ProtoMat C30）

項目	内容
ツール自動交換	なし
研究加工範囲支援	340mm x 200mm
加工の目安	ピン間 3 本
最高加工速度	40mm/秒
最高穴あけ速度	78 穴／分
スピンドル回転数	5000～32,000rpm
加工可能材料	片面，両面基板，その他
インターフェース	RS-232C

図 1 プリント基板加工機

2.2 プリント基板加工機での加工手順について

まず，プリント基板作成用の CAD を使い，パターン図を描く．次に CAD で書いたデータをガーバー形式というデータフォーマット形式へ変換する．この形式は，多くのプリント基板加工機で用いられている，プリント基板を製造するためのデータフォーマット形式であり，ドリルデータ，ドリルツールデータ，部品面データ，半田面データなどのデータが，それぞれのファイルに変換される．その後，プリント基板加工機附属の基板図ソフトウェアに，この変換したデータを読み込ませ，プリント基板加工機独自のデータへ更に変換を行う．その後，プリント基板加工機附属の制御用ソフトウェアを使い，基板図の配置や基板情報などの設定を行った後，プリント基板の作成をはじめる．これらのプリント基板の制御は，LPKF 社 ProtoMat C30 の場合は，PC から RS-232C 経由で行っている．

3. CAD によるプリント基板データの作成

3.1 基板図作成ソフトウェア

基板図用の CAD として Eagle1)を使用した．Eagle は，商用の CAD ツールであるが，ある条件下（基板の大きさは 100×80mm まで，上下２層まで，非商用目的または評価のみ）での使用において，フリーで使用することができる．次節では，Eagle での基板図作成方法を紹介するが，試作 LSI 用の基板図はソケットとコネクタのみで構成されているため，Eagle の基板図がわかりにくい．そこで，研究支援先で，他の研究グループが行っている PIC マイコンとアンプを使用した回路を例に，Eagle を使用した基板図の書き方について紹介する．

3.2 Eagle を使用したパターンデータの作成

Eagle には，回路図エディタ，基板図エディタ，よく使われる素子のライブラリが含まれている．一般的な作成方法としては，まず，設計した回路図に基づき，回路図エディタを使用し，回路図を描く（図 2 参照）．この描画作業と連動して基板図エディ

タがバックグラウンドで起動し，こちらにも素子類が自動で配置される．

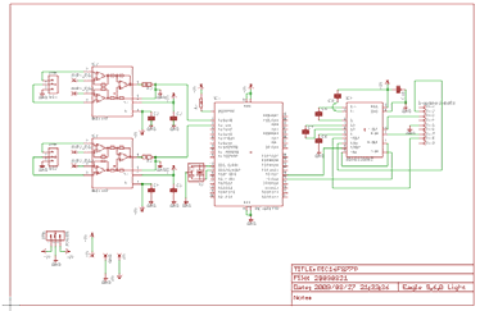

図 2　Eagle での回路図の例

回路図を書き終えた後，電気的ルールチェック（ERC）を回路図エディタ上で行い，素子類の接続の誤りをチェックし，そのファイルを保存する．回路図を書き終えたら，バックグラウンドで動いていた基板図エディタを呼びだし，適当に配置されている素子類を，通常のユニバーサル基板で素子類を配置するように，再配置する（図 3 参照）．

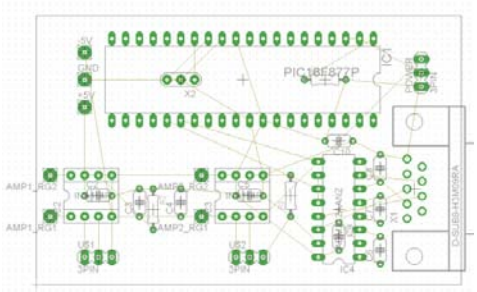

図 3　図 2 の基板図
（細い黄色の線がラッツネット）

このとき，素子間を接続している情報をラッツネットというが，ラッツネットの線が，他のラッツネットと交わらないように工夫して素子類を配置しておく．素子類の配置が終わったら，基板図エディタ上から，オートルータ機能を使い，配線条件を設定したあと，自動で配置配線を行わせる（図4 参照）．

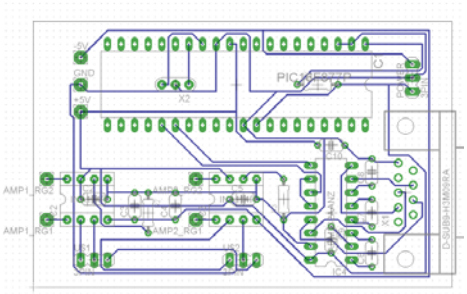

図 4　オートルータで自動配線した例

基板図エディタにおける素子類の配置場所が好ましくない場合，オートルータ機能を使ってもすべて配線ができない場合があるので，注意が必要である．また，この自動配線された配線の一部を変更したいときは，別コマンドを使用することで，手動で配線を変更することができる．

3.3 Eagle でのガーバーデータの作成

Eagle で作成したプリント基板図を，プリント基板加工機附属のソフトウェアに読み込ませるための，ガーバーデータ形式と呼ばれるデータの変換方法について述べる．

Eagle には，CAM ジョブの中に，ガーバーデータへ変換するためのスクリプトが用意されている．多くの場合，プリント基板加工機に附属のソフトウェアマニュアルには，汎用 CAD ソフトウェアで読み込み可能なガーバーデータ形式ファイルに変換するためのスクリプト設定方法が記されている．そのスクリプトは一度設定し登録しておくと，その後は，そのスクリプトを実行するだけで変換される．

LPKF 社 ProtoMat C30 用の変換スクリプトの場合は，ドリルデータ，部品面データ，半田面データの 3 つのデータが作成される．

3.4 基板加工機附属ソフトウェアでの諸設定

変換スクリプトで変換した各データを，プリント基板加工機附属のソフトウェア（LPKF 社の場合は，CircuitCAM）に読み込ませ，最後の諸設定をおこなう．ここでは，配線とランド回りの切削幅，ミリング加工による基板への文字入れ，プリント基板の銅箔を一部分だけはぎ取るラブアウト領域の設定をおこなう．このあと，プリント基板加工機の制御用ソフトウェア（LPKF 社の場合は，Board Master）で読み込み可能なファイル形式で保存する．

4. プリント基板加工機での作業

4.1 プリント基板加工機での加工

基板加工機附属の制御用ソフトウェアを起動し，プリント基板の最終データを読み込む．基板加工機の制御はこのソフトウェアですべて行う．まずは，加工機のヘッド部分を一番右へ移動させ，生基板をプリント基板へ配置し固定する．固定後に制御ソフトウェア上で，生基板をおいた領域を記憶させ，その後，作成した基板図データを基板上の領域に配置する．その後，基板加工を実行させる．しかし，ここで使用した 2 つのプリント基板加工機は，いずれもツール自動交換機能がついていないため，手動で加工機制御ソフトウェアの指示に従い，ミリングカッター（基板の銅箔を切削するカッター）を取り付ける必要がある．また，ミリングカッターを取り付けたあとも，その切削幅が加工機メーカーの指示値（LPKF 社 ProtoMat C30 の場合は，0.2um）になるよう，切削幅の調整を行う必要がある．加工機の動作順序としては，半田面の切削加工，ドリル処理，両面基板の場合は部品面の切削加工，外形切り出し加工，の手順で進めることが多い．

4.2 基板加工機での加工後の処理

プリント基板加工機から基板を外したら，切削部分のバリ取りを行う．その後，プリント基板表面の酸化膜を除去し，ハンダ付けをしやすくするためのフラックスを塗布する．これで基板作成は終わりであり，その後は，作成した基板に半田付けを行うこ

ととなる.

5. プリント基板の作成事例

5.1 LSI 測定用プリント基板（2007 年度版）

この試作では，支援先に基板加工機がなかったため，工学部の他研究室所有の加工機を借りて試作を行った．ファンクションジェネレータからの入力信号用端子として BNC コネクタを配置し, 直流安定化電源からの端子用にジョンソン端子を使用した．また，基板に，片面のガラスエポキシを使用し，半田面はアース領域の面積が広くなるような描画（ベタアース）を行った.

ここで使用した加工機は，ミッツ社製のものだったが，この基板加工機附属のソフトウェアの使用に慣れるまで充分な時間がとれず，作成に取りかかることとなったため，十分に満足の行く仕上がりには至らなかったが，この基板だけで LSI の評価実験を行えたため，当初の目的は達成できた.

5.2 LSI 測定用プリント基板（2008 年度版）

2007 年度に作成したプリント基板での反省点を踏まえ，基板作成に取り組んだ．基板加工機は，研究支援先の LPKF 社の加工機を使用した．ノイズ対策として，基板には，ガラスエポキシの両面基板を使用した．しかし，この基板加工機には，スルーホール処理機能がなく，市販のスルーホールを作成するキットで作成しても，LSI ソケットのピン間がせまいため，隣接するピン同士がショートしてしまい使用できない．そこで，LSI ソケットのピン間約 0.6mm に，0.254mm の配線を通す設計を行い，実際に加工機で削った（図 5 参照）．テスタで接続を確認したところ，隣り合うピンとショートすることなく配線できることが分かった．これにより，スルーホール処理をしなくてもソケット部分の配線を行うことができることが分かった.

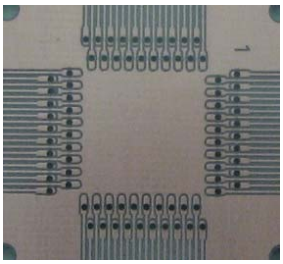

図 5　配線テストでテスト作成した基板

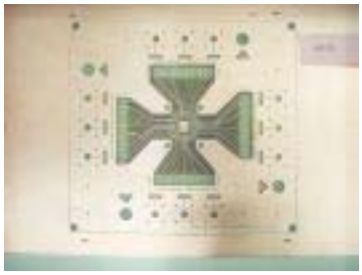

図 6　作成した LSI 測定用プリント基板（半田面）

また，ノイズ耐性をあげるため，半田面の空き領域と部品面はベタアースとした．また，グランドの配線に関しては，信号ラインを考慮した描画を行った 2)．作成したプリント基板を，図 6 に示す．この基板に，部品実装を行い，評価実験を行った．2007 年度版の基板と比較すると, かなり使いやすくなり, また，図 5 のような配線ができたため，安価なソケットを使用することができ，費用もかなり安く抑えることができた.

5.3 回路工作教室向けのプリント基板

支援先研究室が担当した，2008 年度工学部「テクノ祭り」のブースにおいて，簡単な構成のアンプを来場者に作成してもらい，それを使い，音を増幅させる実験を行った．テクノ祭りは，一般の方を対象としており，回路工作は小学生でも簡単に半田付けできるよう，ランドまわりと配線の切削幅を 6mm と大きめに取り，半田がブリッジして隣接する配線とショートしないように配慮した（図 7 参照）.

図 7 テクノ祭りでのプリントの基板
（左：部品面　右：半田面）

6. プリント基板の作成手段の比較

今回は，基板加工機を使用してプリント基板の作成を行ったが，そのほかのプリント基板作成手段の比較を検討してみる.

1)ポジ感光基板を使用する方法,
2)基板作成業者へ作成を依頼する方法,
3)基板加工機で自分で加工する方法
の 3 つの方法が考えられる.

1)の方法は，市販のポジ感光基板にパターンをかいたフィルムを重ね，太陽光や専用露光機で露光し，その後現像処理を行うことで，プリント基板の作成を行うことができる．今回試作した LSI 基板で使用した配線は 0.254mm だったため，露光時間が適切でなかった場合，配線が断線したりするおそれがあったこと，また，径が 0.7mm 程度のドリル箇所が 150 箇所程あったため，この方法は選択しなかった.

また，2)の方法は，CAD データを業者へ送付し作成してもらうが，自身で加工した場合の基板加工機用のドリルやミリングカッターの消耗品代と比べると割高であり，納品までに 1 週間程度時間がかかる．しかし，スルーホール処理やシルク印刷まで加工も可能という利点がある．もし，基板を量産して使用する場合は，基板作成業者へ依頼したほうが安価でできると考える.

3)の基板加工機を使う場合は，少量の基板を作る場合には手軽に対応できるため，基板の試作向きである．今回は，基板図作成に試行錯誤しながらの作成であったこと，必要な基板の枚数は 1 枚だったため，この方法を選択した．欠点としては，消耗品であるミリングカッターが意外と高かったこと，基板加工機使用時に切削したカスが飛び散らないよう接

続している集塵機の音がうるさいこと，などがあげられる．

7. まとめ

この取り組みを通して，基板図用 CAD の Eagle を一通り使用できるようになり，また，ミッツ社製 と LPKF 社 製の 2 つの違うメーカーの機種での加工機の取り扱いを習得できた．関連して，この 2 社の Eagle データ変換後のソフトウェアの加工設定方法もあわせて習得ができた．以上から，本取り組みの目的を達成できたといえる．

今後の課題としては，LSI の評価実験ではかかせない，ノイズに強い基板図の設計方法の習得があげられる．

8. 謝辞

この技術習得に際し，御指導及び機材の使用を快諾して戴きました，材料物理工学科 松田達郎先生，電気電子工学科 淡野公一先生 田村宏樹先生に，深く感謝の意を表します．

参考文献等

1) Eagle URL: http://www.eagle.de/
2) 「技術者のためのプリント基板設計入門」，トランジスタ技術 SPECIAL 編集部，CQ 出版社