

CNC フライスでプリント基板製作講座

目次

プリント基板をつくるには	3
自宅でプリント基板を作ろう	3
基板製法あれこれ	3
メリットデメリット	4
CNC フライスの手順を追っていきます	6
データの種別とアプリケーション	7
沢山の過程と中間ファイル	7
製作フロー	7
アプリケーションとデータフロー	8
回路の設計	10
回路図を書きましょう	10
回路図の作成	10
回路図を書く理由	12
パターンの設計	14
プリント基板 CAD	14
パターンの作成とネットリスト	14
ガーバーの出力	21
G コードの作成	24
ガーバーデータと G コード	24
ガーバーから G コードへの変換	25
出力される G コードの種類	26
CNC フライスの基礎と加工する刃	28
刃の種類	28
エンドミル	28
ドリル	29
PCB カッター	30
コレット	31
基板切削の準備	35
捨て板	35
両面テープ	37
ゼロ点出し	38
ドリルで穴あけ	40
穴の深さと捨て板	40

ツールごとに穴あけ	41
ねじ穴はどうするか	41
パターンの切削	43
基板カッターによる切削	43
注意点	43
カッターが切れなくなるとどうなる？	46
外周の切り抜き	47
エンドミルでの切り抜き	47
粘着テープ	48
アクリルカバーへの応用	51
基板の仕上げ	52
洗浄	52
フラックスの塗布	54
簡易2層を作成するには	58
貼り合わせ2層	58
設計	60
表と裏、2つの切り抜き外周	61
スルーピン	62
完成	65

プリント基板をつくるには

自宅でプリント基板を作ろう

最近の電子工作は半田付けの要らないブレッドボードのおかげでずいぶんとお手軽になりました。そのおかげでマイコンを中心に電子工作人口も広がったように感じます。

ですが、ハンダごてを握ってプリント基板に部品を半田付けしていく形式の電子工作も捨てがたいものがありますよね。プリント基板を使うと製作物が固定されたものになりますので、ケースに組み込む等作品として完成させる楽しみに繋がってきます。

個人製作の一点ものである場合はユニバーサル基板を使うのが手軽で一般的ですが、配線が面倒という問題があります。

そこで自作のプリント基板が次のステップとして現れてきます。

プリント基板を自作することにより

- ・配線の手間を省略することができる
- ・適当なサイズに纏めることができる
- ・面実装部品を使う事ができる

といったメリットを享受することができます。

特に面実装部品は重要です。最近のマイコンやデジタル部品はフラットパッケージのものが多くなってきました。ちょっと気の利いた工作をしようとしたら面実装部品を避けて通ることができません。

そういった特殊な部品を使いこなして工作の幅を広げるためにも自作プリント基板にチャレンジしてみませんか。

基板製作法あれこれ

自宅でプリント基板を製作するにも色々な方法があります。

今回連載で紹介していくのは CNC フライスという自動工作機械を用いての製作手順ですが、ここで改めて基板の自作方法を何点か振り返り CNC フライスで作成する手法の特色をつかんでみましょう。

エッチング+感光基板

銅箔を塩化第二鉄水溶液で溶かしてパターンを作る方法をエッチングといいます。銅箔面上に予めパターンとして残す部分をマスクとして書いておき、それをとくすとパターンが残るとというのが基本となります。

その溶けない部分をパターンとして銅箔面に印刷するメジャーな一つとして、サンハヤトの感光基板を利用するものがあります。

感光基板は銅箔の表面に感光インクが塗ってあり、紫外線を照射した部分が現像ではげ落ちます。なので残したい部分をフィルム上に印刷したりマーカーで書いたり

したものを転写フィルムとして用意することになります。

プリンター印刷用の OHP シートを用いてパターンを印刷し、それを紫外線灯や直射日光で感光基板に焼き付けます。

パターンを感光インクに印刷できたら塩化第二鉄水溶液で溶かしてプリント基板を作成します。

エッチング+アイロン転写

エッチングの際のマスクは感光インクじゃなくてもなんでも良いです。

それこそ耐酸性のインクで直に描いても良いのです。

そこで、感光基板よりも安価に製作する手法としてアイロン転写法が考案されました。

これはページプリンターで紙に印刷したトナーをアイロンで溶かして紙から銅箔面にてんしゃしてしまうという手法です。パターンをページプリンターで印刷しておけばそれを転写することができるというわけです。

ページプリンターさえ所有していれば安価に施行できるのですがいろいろ条件が難しく技術を必要とします。

CNC フライスで切削

エッチングは銅箔を溶かしてパターンを作成しますが、溶かすのでは無く刃で掘って削り飛ばすことでパターンを作成することができます。薄い銅箔を薄く削ることができるのがフライス盤で、そのフライス盤をコンピューター制御で精密に動作させることができるのが CNC フライスとなります。

PC 上でプリント基板のパターンを作成し、パターンじゃ無い所を CNC フライスで削り飛ばすように設計をします。そのようにプログラミングした動作に従って CNC フライスに作業してもらえばプリント基板を作成することができるというわけです。

製作会社に依頼

PC の CAD で設計したプリント基板のパターンデータ通りに少数作成してくれる製作会社も存在します。もちろん、個人でも利用することができます。

プロが作るモノですので最も精度が高く様々なメリットがありますが、それなりなお金と時間がかかります。

ですが、自作プロダクトを夢見る身としては一回は利用してみたいものですよ。

メリットデメリット

それぞれの手法のメリットデメリットを簡単に挙げていきます。

個人的な感想なので異論はあるかも知れません。

エッチング+感光基板

エッチング手法は材料が入手しやすく手軽に始められるのですが、塩化第二酸化鉄溶液(エッチング液)の取り扱いが非常に面倒です。

ちよいと手に付くぐらいなんともないのですが、その茶色い色がこびりつきもう取れません。周辺にこぼしたりしたら最悪です。服に跳ねたりしないように最善の注意を払って作業をすることになります。

また、廃液処理を行う必要があります。

反応前の溶液は鉄を強力に溶かしますので配管に流すことができません。反応後は反応後で酸化銅を含む溶液になっておりこれが猛毒ですのでそのまま環境に流してはいけません。そのため、処理剤で銅を沈殿させたあと濾過で除去し、廃液をセメントで固化して廃棄という非常な手間を取ります。

感光基板はフィルムを光で転写するので慣れると結構精度良くいけます。順調ならば 0.2mm 幅の線も作ることができるでしょう。

ただその転写がムラになりやすく、面積が広がると均等に焼き付けることが困難になってきます。

転写に失敗とか良くするのですが、感光基板自体が結構高く 1 枚 500 ~ 1000 円とかなので何度もやっているとかかなりコストに響く様になってきます。

エッチング+アイロン転写

感光塗料無しの銅箔板に対して行うため非常に原材料が安価で済みます。

アイロンでぬらしたプリントを押しつけて転写を行うのですが、この際ページプリンターのトナーと定着方法に影響されます。つまり、プリンターの種類によってできるできないがあります。

私が過去および現在所有しているページプリンターはブラザーの機種だったのですが、このブラザーのページプリンターはトナー定着が非常に良くアイロンを使っても転写できませんでした。

アイロン転写を行うのは CANON のページプリンターが最適と言われています。詳しくは調べてみてください。このために安いページプリンターを購入するというのも価格的にありなのではないかと思えます。感光基板で数十枚とか作るコストで並ぶ程度なので。

あと、エッチング法は両方ともそうなのですが、ランドの穴を自分でドリルを使って開ける必要があります。これが地味に辛いのです。特に IC などの様にまっすぐそろった穴を綺麗にあけるのは気合いと技術が必要になってきます。

なので、エッチング法でやっているときはできるだけ面実装部品のみで済ますようにして、穴を開けないような設計をすることを目指していました。

CNC フライスで切削

機械が自動で製作してくれますので、設計したデータに対し正確に作成してくれます。準備に時間がかかりますが、あとはスタートで終わりまでほぼ待つだけです。数枚程度なら時間をかけるだけで生産することができます。

CAD データに従ってドリルでの穴あけ、および基板のカットも行えますので綺麗なプロダクトができます。

ただ、CNC フライス自体がそこそこ高価なので初期投資が大きくなります。あとは設置場所や掃除機ほどでは無いですが加工中の音も注意することになるでしょう。まあ、流石に防音箱無しで深夜回すのは難しいと思います。また、刃物を高速回転させて加工しますので怪我や事故には最新の注意を払う必要があります。刃は本当に鋭いので、ちょっとかすただけでぱっくり切れてしまいます、怖いですよ。

フライスだけでなく CNC ソフトや、その他ソフトなど操作に必要な手順も多くマスターが少々困難ですし、オペレーターの技術も必要となります。

初期投資は大変ですが、ランニングコストは銅箔板のみなので非常に安く仕上がります。大体 1 枚 150 ~ 200 円くらい。

また切りくずも掃除機で吸って破棄するだけなので処理も非常に簡単です。多少銅片は混じりますが毒性はないのでゴミとして処理して大丈夫です。

製作会社に依頼

プロに一任するので最も品質の良いモノが出来上がります。

自作プリント基板では作れないものとしてスルーホールがあります。本当の意味での 2 層 4 層といった多層基板は個人で作ることができず、製作会社に依頼する形となります。

ハンダマスクやシルクラベルの印刷も行ってくれますので、仕上がりも綺麗で半田付けもしやすい良質な基板となります。

当然ですが CAD によるデジタル入校が基本となりますので、CAD でパターン設計ができなくてははいけません。設計サービスを受ける手もありますけれども、それなりなお値段です。

精度と値段はバラバラなので一概には言えませんが 10 ~ 20 枚程度を製造するとしたら大体 5000 ~ 25000 円くらいになるところでしょうか。安いところは海外への発注で、製作期間もかなりかかります。

最終プロダクトとしてぜひ利用したい場面もありますが、それだけのお金と時間をかけて基板設計にミスがあったら大変な痛手となります。初期の試作から依頼しようとするとうるさな費用がかかってしまいます。

なので、自作基板で試作を繰り返し設計として完成されたところで製作会社に発注というのが理想的なパターンなのかな、と考えます。

CNC フライスの手順を追っていきます

自宅で作成するプリント基板は試作なのだと思います。

その試作を安く短時間で回数重ねられて、かつ製作会社に出す一步手前ほどの精度を出せるとすばらしいのではないのでしょうか。

そのためのプリント基板製作術として CNC フライスでの製法を追い求めてきました。

個人的には十分と思えるところまでできるようになったので、その手順をここで書き記していきたいと思います。

この後の連載にご期待ください。

データの種類とアプリケーション

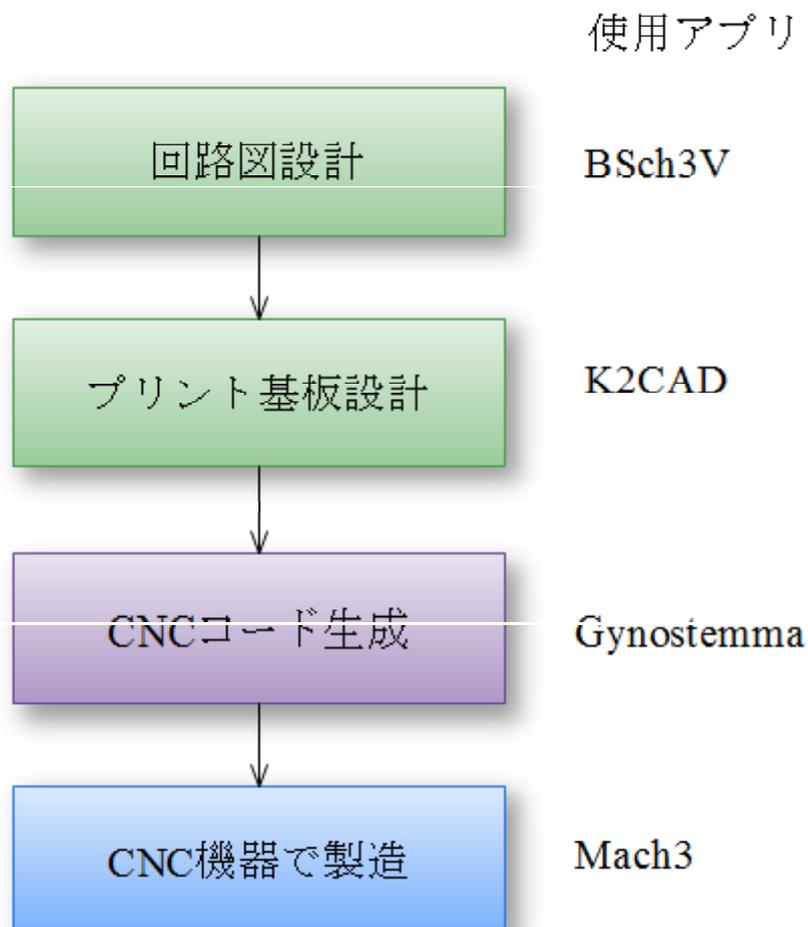
沢山の過程と中間ファイル

CNC フライスでのプリント基板作成をするためには、プリント基板の設計データが必要になります。

そのプリント基板設計データはデジタルデータですので PC 上のアプリで作成するのですが、実際に工作機械で製作をするためにいくつものアプリケーションと中間のデータが必要となってきます。

途中途中のデータの形式とそれが必要な理由を理解することで、作業フローを把握しましょう。

製作フロー



上のフロー図は私がプリント基板作成のために行う作業とそこで使うアプリケーション

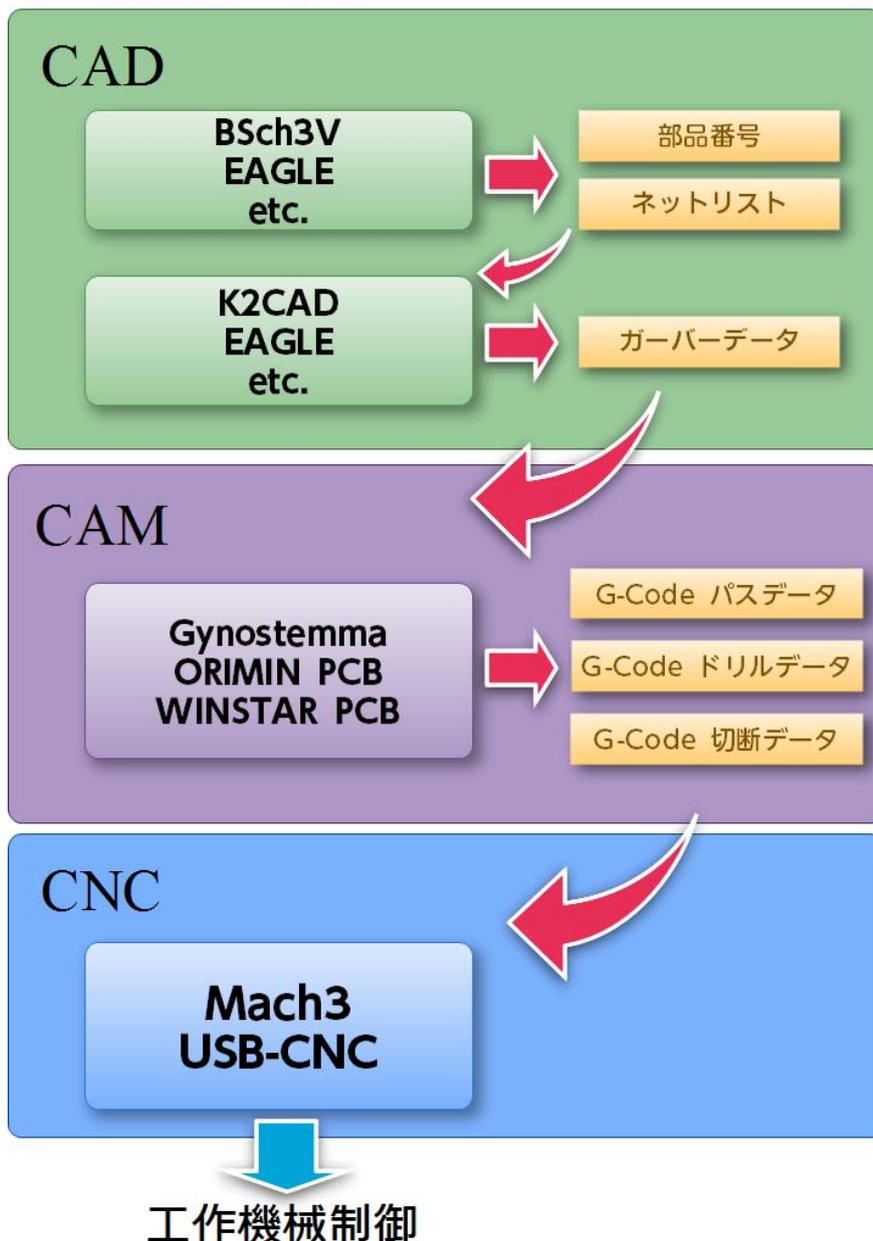
ョン名です。

直接プリント基板設計から入り回路図を作成しないということも可能なのですが、より正確な設計を行うため、またドキュメントを残すためできるだけ回路図設計から入るのが良いと思います。

おおざっぱではありますが、この手順で作業をしていることを理解してください。

アプリケーションとデータフロー

ツール間のデータフロー



作業ではなく、アプリケーションと中間生成データを軸とした図に書き直したものがこちらです。

使用するアプリケーションは大きく分けて3種類で、CAD/CAM/CNC と呼ばれています。

CAD は設計部分です。回路図の設計とプリント基板のパターン設計を行います。最近では回路図設計とパターン設計がセットになって一つの CAD アプリとなっているのが主流となってきています。

BSch3V や K2CAD/D2CAD はその二つが分かれている形ですね。

CAD によって最終的に生成するのはプリント基板のパターン形状を表したガーバーデータと呼ばれる形式です。それとドリル穴を開ける位置を示したドリルコードも含まれますが、纏めてガーバーと呼ぶことがあります。

プリント基板の製作会社に製造を依頼する場合は、このガーバーデータを納品して作って貰います。プリント基板の設計書といったところですね。

私は K2CAD で設計する際に、BSch3V で設計したネットリストを利用します。これはパターン設計の時にまた説明します。

ガーバーデータがパターン設計書になるわけですが、どのように機械を動かせばその設計書通りの物が製造できるかを計算するのが CAM アプリになります。拙作の Gynostemma がこれにあたります。

プリント基板製造では、CNC フライスでどのように刃を動かせばパターンが掘れるかといった切削パスを計算する作業を行います。

プリント基板の設計書であるガーバーデータを読み込んで、機械の動きを指示する G-Code を生成するといった作業を行います。立体加工とかでは、立体モデルデータを読み込んで掘り出すための切削パスを生成するといった働きをします。

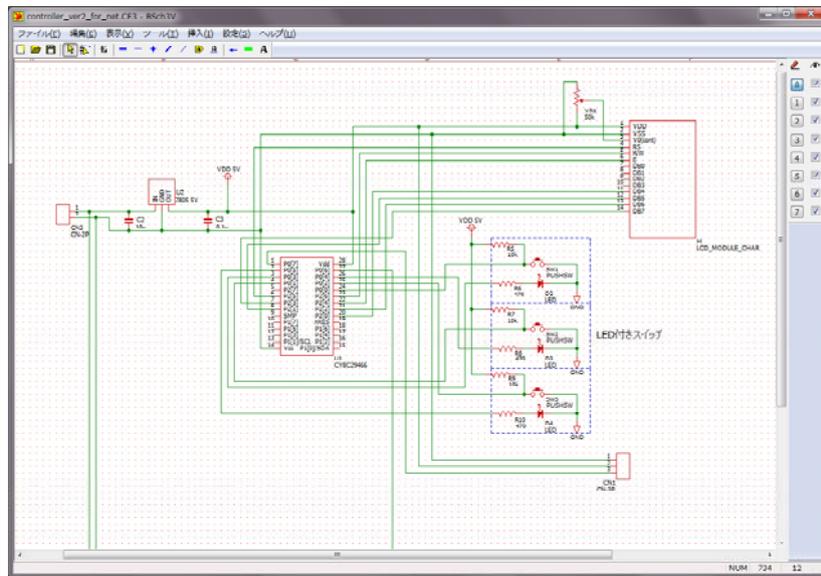
個人やフリーで利用できる CAM アプリがあまりなく、プリント基板製作用には cam.py がありましたが入力データ形式に制限があったりと色々問題がありました。最近では Gynostemma だけでなく、有償の OriminPCB や WINSTAR PCB など個人でも購入できるプリント基板製作 CAM が出てきたため幾分やりやすくなっているのではないかと思います。

切削パターンの G-Code が作成できたら CNC アプリで工作機械を制御して実際にプリント基板の作成を行います。CNC アプリに G-Code を読み込ませることで加工をしますので、G-Code 次第でいろんなものが作れるというのが一般的な様です。

なお、WINSTAR PCB は CAM+CNC という位置づけのようです。

最終的に必要なのが G-Code や CNC 駆動ですので、CAD での設計から直接それが生成できるのであればそれで十分ですしそういったツールもあるようです。

回路の設計



回路図を書きましょう

ユニバーサル基板での工作に慣れてくると「取りあえず作りながら回路を考える」ということをやりがちになってしまいます。

それはそれで完成するため問題は無いのですが、完成した物が本当に一点物になってしまい現物以外シェアするものがなくなってしまいます。

電子工作において成果の共有を考えたときに最も基本になるのが回路図だと思います。これを発表し、共有すれば他者が同じ物を作成したり、参考にしてさらに発展させたものを作ったりできるようになるのです。

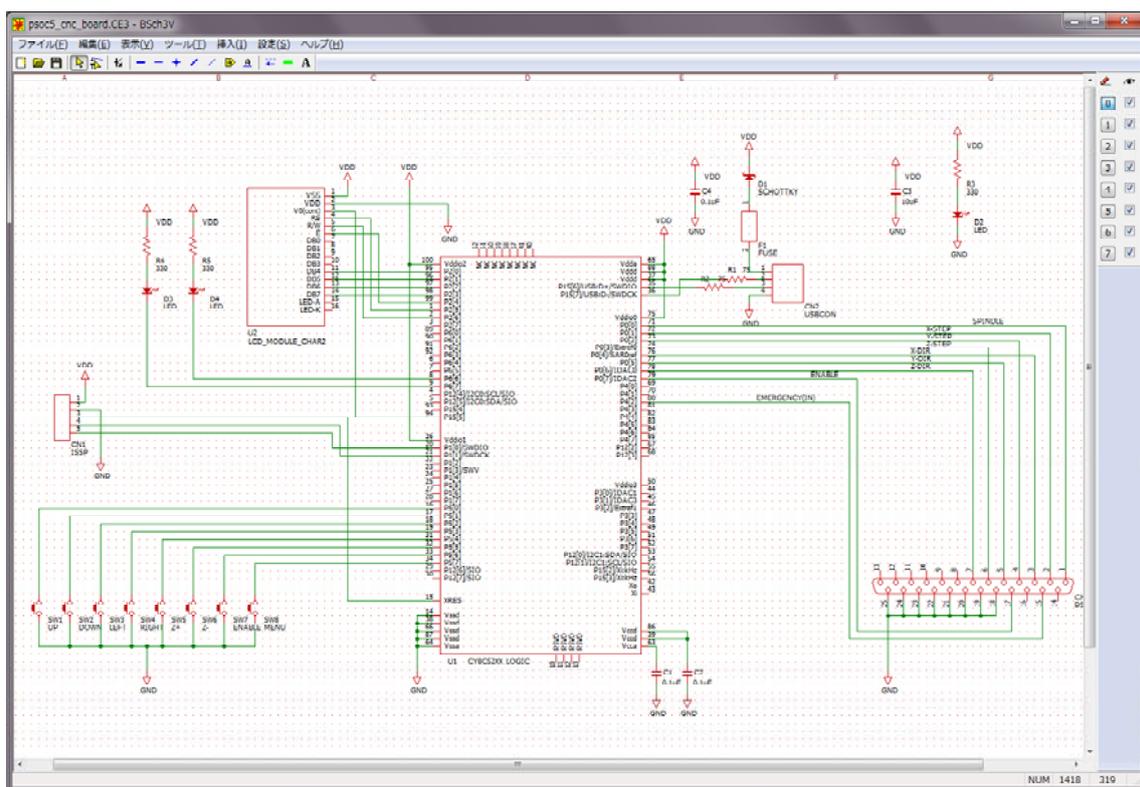
なので回路図が無い工作は世界に対して広がりを持ちません。できるだけ回路図を書きましょう。

また、CAD や CNC を使ったプリント基板製作は、デジタルで設計した物がそのまま実態として製造できるといったメリットと楽しさがあります。その代わり「設計してから製造」といった作業フローに対して厳格です。

いきなり作り始めたいところをぐっとおさえて、最初に設計を行うという手順に慣れてください。

デジタルで設計さえしておけば、いろんな方法で具現化ができるという時代になってきています。電子工作、マイコン工作で最初に設計するものは何かと言ったら回路図なのではないでしょうか。

回路図の作成



そんなこんなで回路図が書けました。

配線を明確にするために書いているところがあるため線を纏めて 1 本で扱うバス表記は使いません。

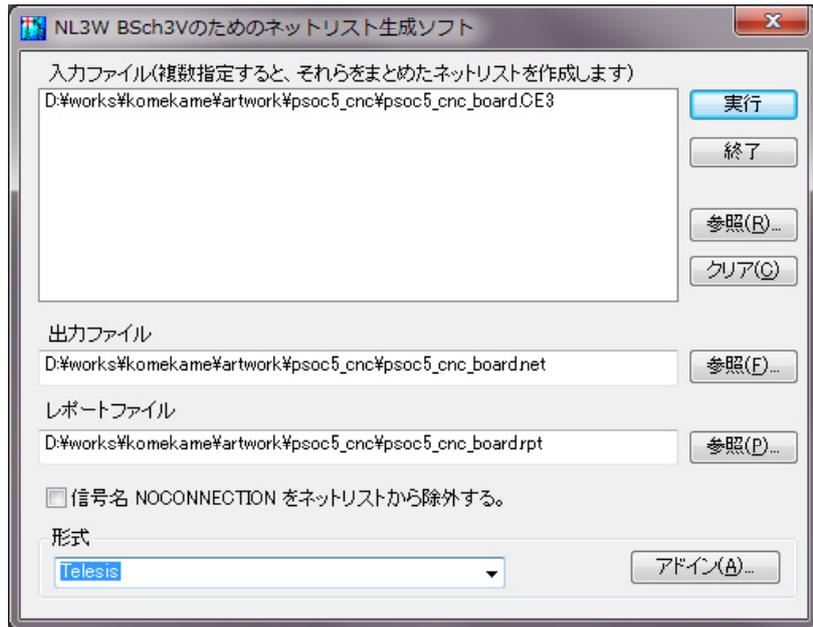
やり方がちょっとわかっていないせいかもしれませんが、バス表記にするとネットリストが上手く出力できませんでした。

部品番号とピン番号は重要なので重なりが無いように注意してください。

回路図を書く理由

回路図を書く理由は、最初を作る物を確定するためとか、共有する情報として残しておくためとか色々ありますが、私にとっての最大の理由はプリント基板作成するときどうしても必要なネットリストを作成するためだったりします。

ネットリストは回路で部品のどこどこが繋がっているかというテキストファイルの情報ですが、パターン設計の際にそれを使っています。



BSch3V に添付している NL3W というアプリに BSch3V のデータを与えるとネットリストが出力されます。

何を作るかが決まり、ネットリストも出来上がりました。
次はプリント基板 CAD でパターンを作成します。

パターンの設計

プリント基板 CAD

回路図が書いて何を作るかが決まったところで、今度はその回路をプリント基板に起こします。

プリント基板のパターンを設計するためには専用のプリント基板 CAD があるのでそれを利用します。CNC でプリント基板を作成する際はガーバーデータを介して出力しますので、ガーバーデータを作成できる CAD であることが必須の条件になると思います。

プリント基板設計 CAD にも色々種類があり特徴もそれぞれですので、手になじんだ物を使うと良いでしょう。

私はちよくちよく出てきているように K2CAD を使用しています。あまりメジャーではないと思います。

K2CAD を選んだ理由は

- ・ サイズ制限が無い
- ・ レイヤー数が 127 まである
- ・ 商用利用に制限が無い
- ・ ラッツネットを備えている
- ・ 「P 板.com」さんでの出力実績がある
- ・ シェアウェアとして安価である(3150 円ほど)

といったところが良かったからで、悪いところは

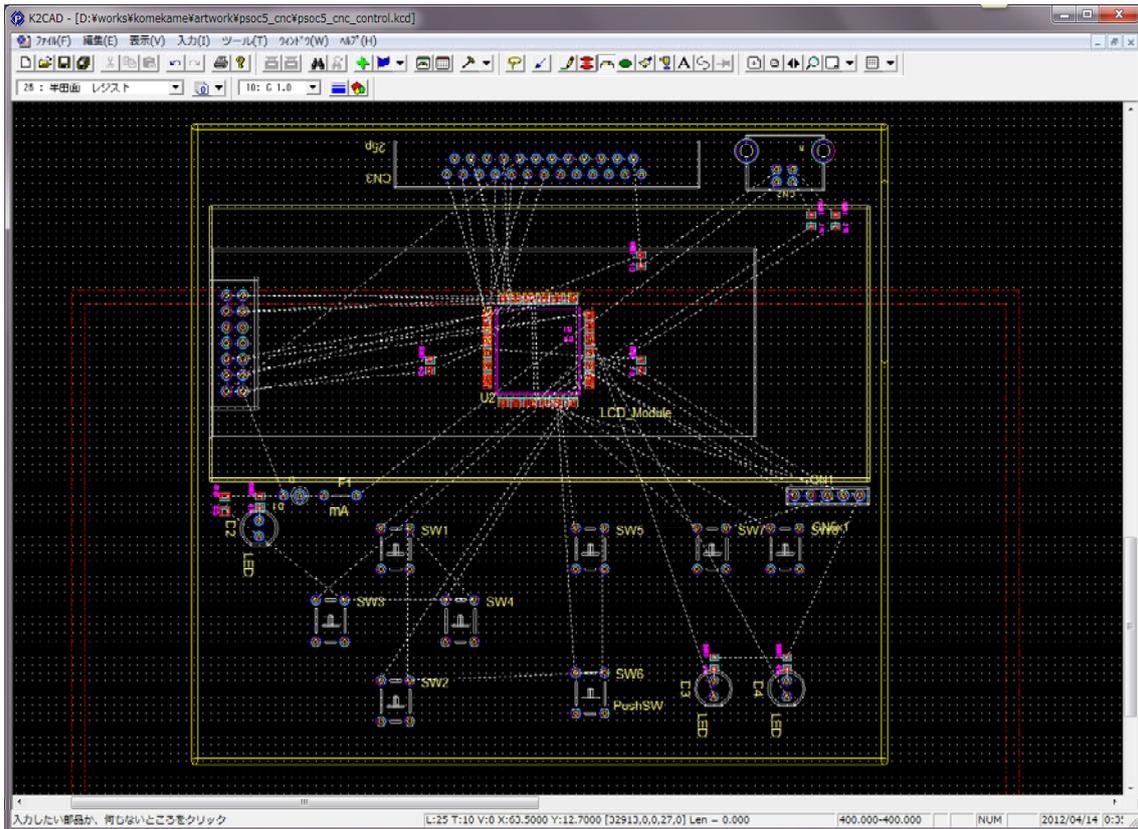
- ・ マニュアルの整備が不十分で使い方がわかりにくい
- ・ 不安定でクラッシュすることが多い
- ・ ライブラリが無く自作する必要がある

とまあ割と致命的な感じもします。それでも使うのは玄人肌というか、苦勞を楽しむというかそんな方向かもしれません。

しかし、基板を製作して MTM とかで販売しようと考えたときにそれは商用利用かどうかというのは割と悩むところです。特に EAGLE LIGHT はサイズ制限だけでなく商用不可というライセンスなのがどうにもひっかかり鞍替えすることにしました。昔色々な CAD を一通り試したところ個人的な要望は「オートルーターは使わない(使えない)けれどもラッツネットは欲しい」というあたりに落ち着きました。しかし、アマチュア向けでラッツネット対応の CAD はあまりなくてその頃唯一使えた K2CAD にたどり着いたといった流れでした。

ここでは私の実作業例として K2CAD を使った手順を記載します。

パターンの作成とネットリスト



「ラッツネット」とはなんぞや？という方は上の図を見てください。これがラッツネットです。

部品を配置すると、各端子間どこを結べば良いのかを点線で示してくれます。パターン設計そのものにはなりません、どこへ配線すれば良いのかとかまだどれくらい配線が残っているのかといった指標になります。

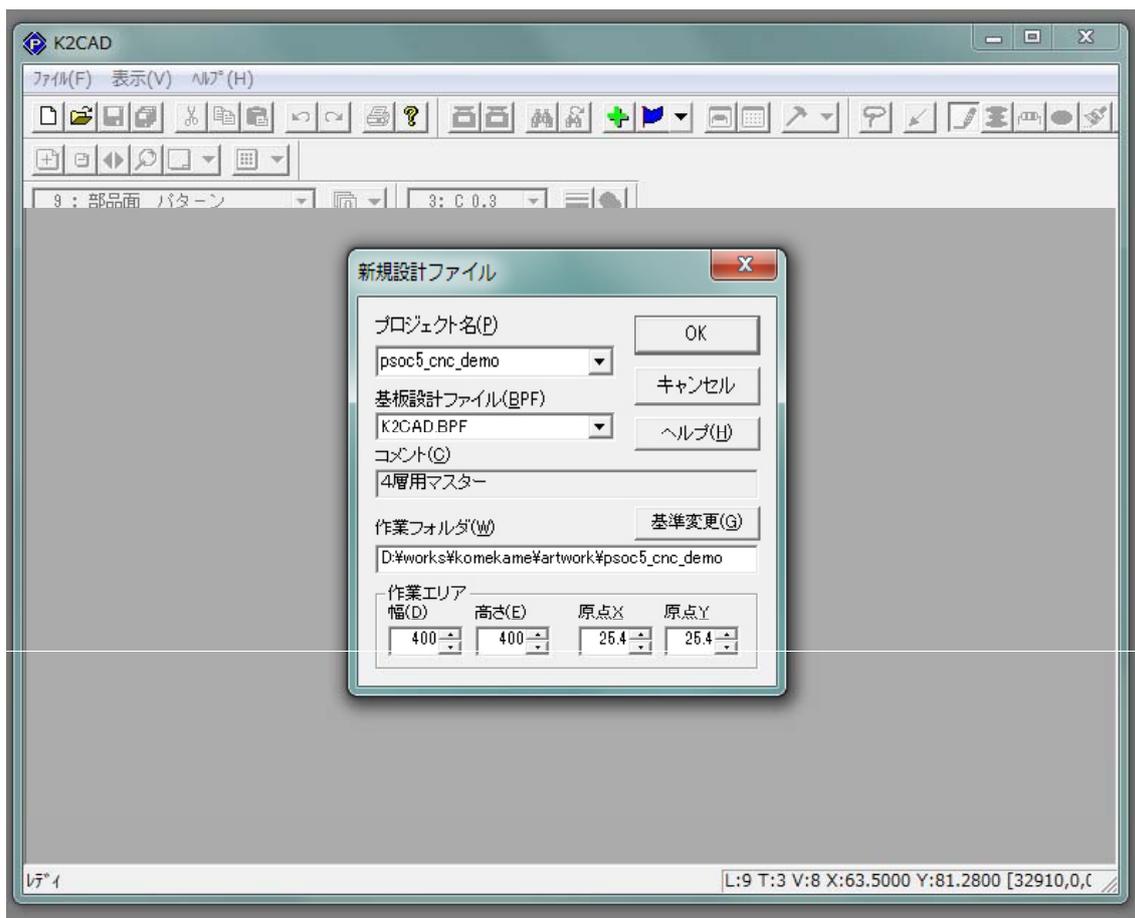
また、配線を間違えているとラッツネットが消えませんがミス回避にも役立ちます。

このラッツネットを表示するために、部品のどこどこを結べば良いのかといったデータが必要になりますそれが「ネットリスト」となり、ネットリストは回路図の配線関係のみをテキストに落としたものです。

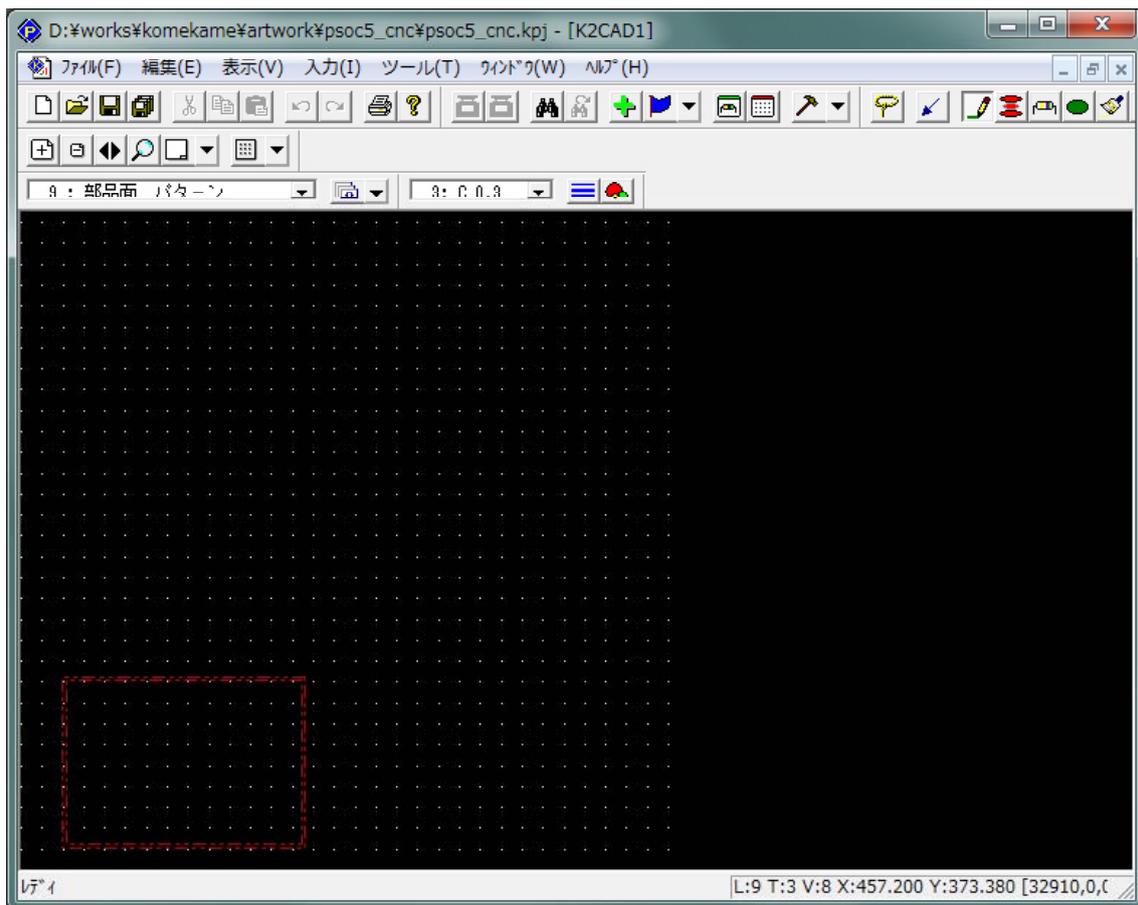
ちゃんと回路図を書けば設計もでき、ネットリストも作成でき、ラッツネットも表示できるのでプリント基板設計に役立つだけでなく作業プロセスも確立するというわけです。

K2CAD でラッツネットを利用するにはちょっとコツが要ります。

ラッツネットを使うには **.kproj** 拡張子を持つプロジェクトファイルを作って、そこにプリント基板パターンとネットリストを登録し両者を関連づけるの必要があります。ですが、普段プリント基板設計だけする分にはプロジェクトファイルを意識しないとかぶっちゃけ作らずに作業できるのでいざネットリストを使おうとしたときに混乱しがちです。



まずは新規作成でプリント基板プロジェクトを作成します。
作業フォルダが掘られて設定ファイル K2CAD.BPF が作られますがそれ以外はない
空っぽの状態です。まず今現在開いているパターンファイルに任意の名前をつけ
つ保存してください。これで .kcd ファイルが作られました。



通常はこの状態で設計を進めることができますが、実はこの状態ではプロジェクトファイルが存在していません。メニューの「ツール→プロジェクト」でプロジェクト設定ダイアログを開くと、以前のプロジェクトが残っていたりしてよろしくありません。これから作成するプリント基板のために新しいプロジェクトを明示的に作成する必要があります。

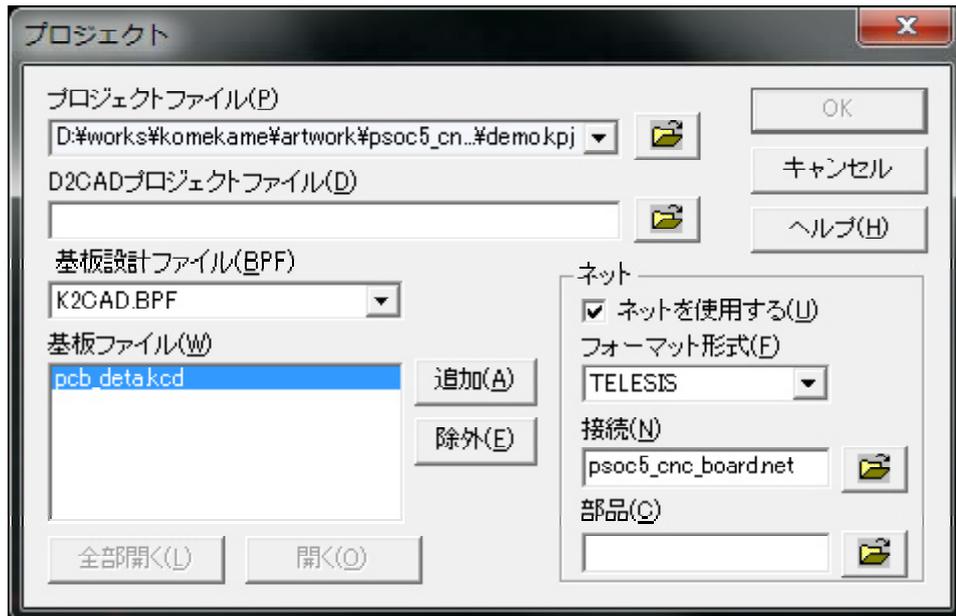


プロジェクトダイアログのプロジェクトファイルの部分にこれから作りたいプロジェクトのフォルダとプロジェクト名(*.kpj)を指定しリターンキーを押すと「プロジェクトが無いので作りますか」というダイアログが出てきて新規プロジェクトとなります。

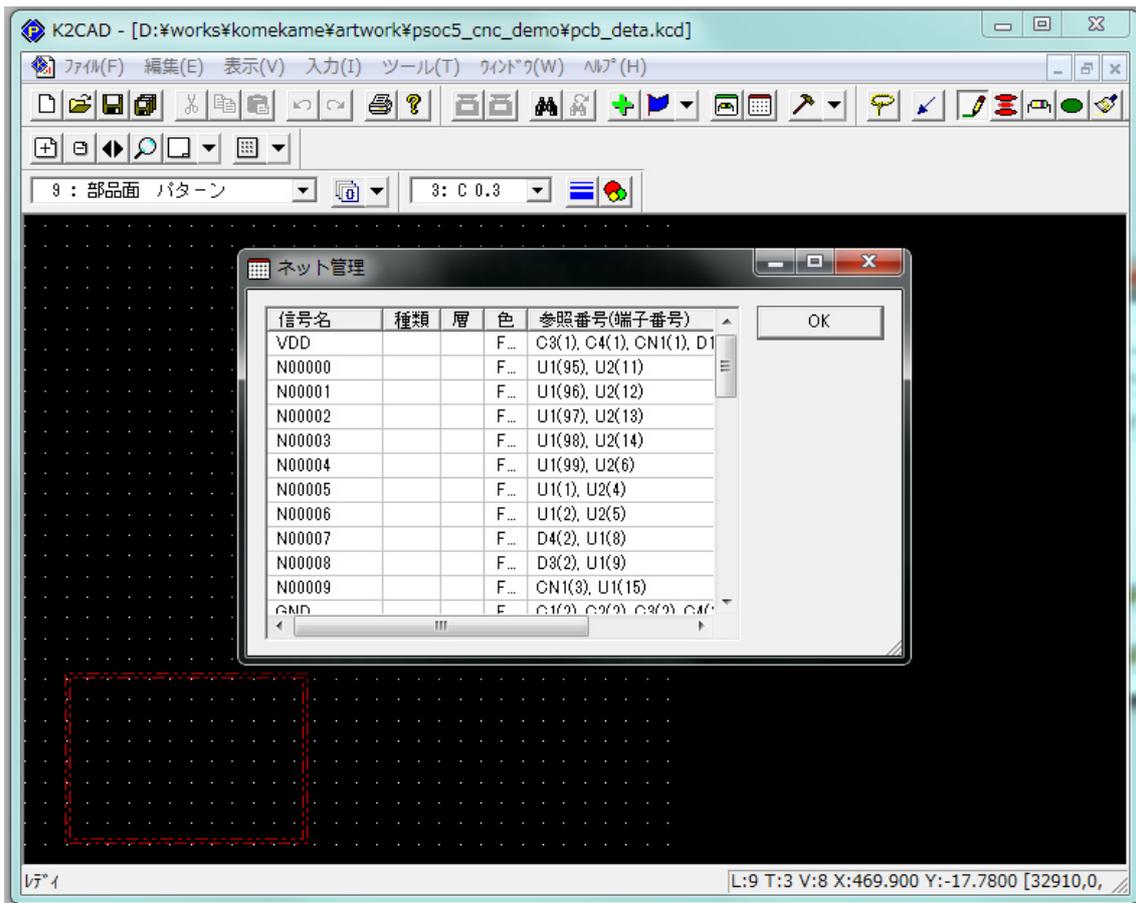
実はこの時点ではまだプロジェクトが作成されていません、プロジェクトダイアログの基板ファイル部分に先ほど名前をつけて保存した .kcd ファイルを追加してからダイアログの OK を押します。

これでようやくプロジェクトファイルが作成されます。新規プロジェクトに 1 つは基板ファイルを追加しないと行けないので、先にセーブして何か作っておかないとダメというのがはまりどころです。

さて、作ったばかりのプロジェクトはなぜか不安定なのでいったん K2CAD を終了して再起動します。再起動後「最近使ったプロジェクト」から先ほど作ったばかりのプロジェクトファイルをロードします。

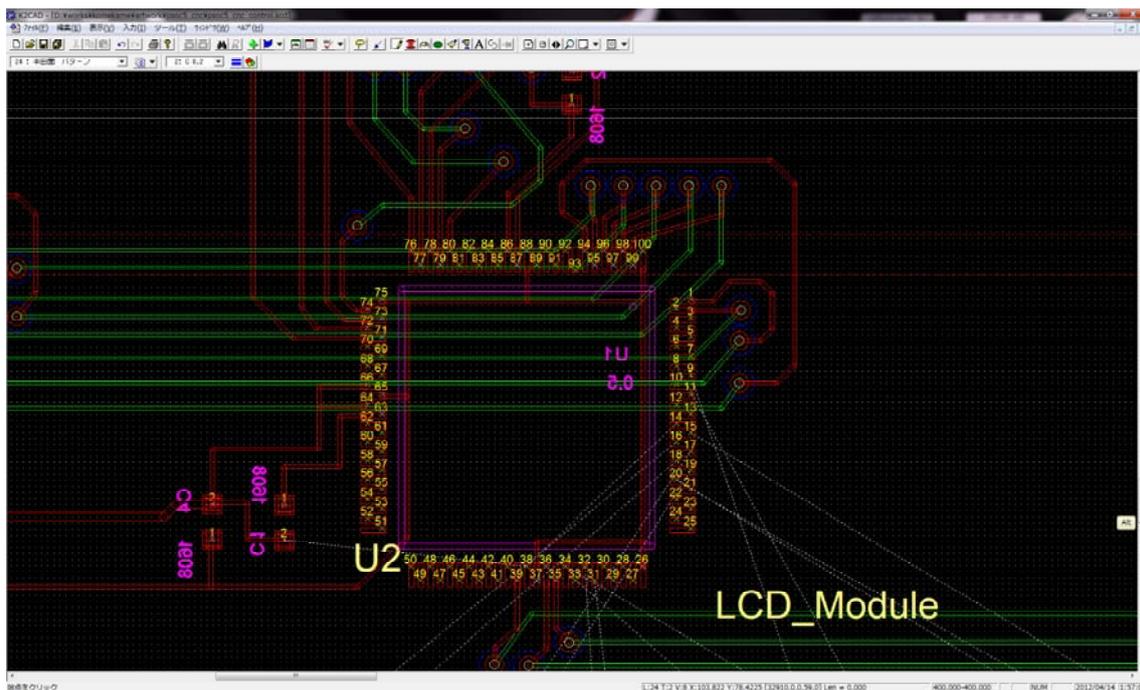


再度プロジェクトダイアログを開き、基板ファイルを選択し「ネット」の部分にネットリストファイルを設定してひもづけます。このときフォーマット形式を選択してもその形式が設定されずネットリストを読んでもくれないことがあります。このときはネットリストのフォーマットを設定して OK を押した後即座に K2CAD を終了し、再起動後読み込んでみます。これで大体上手くいくはずですが。

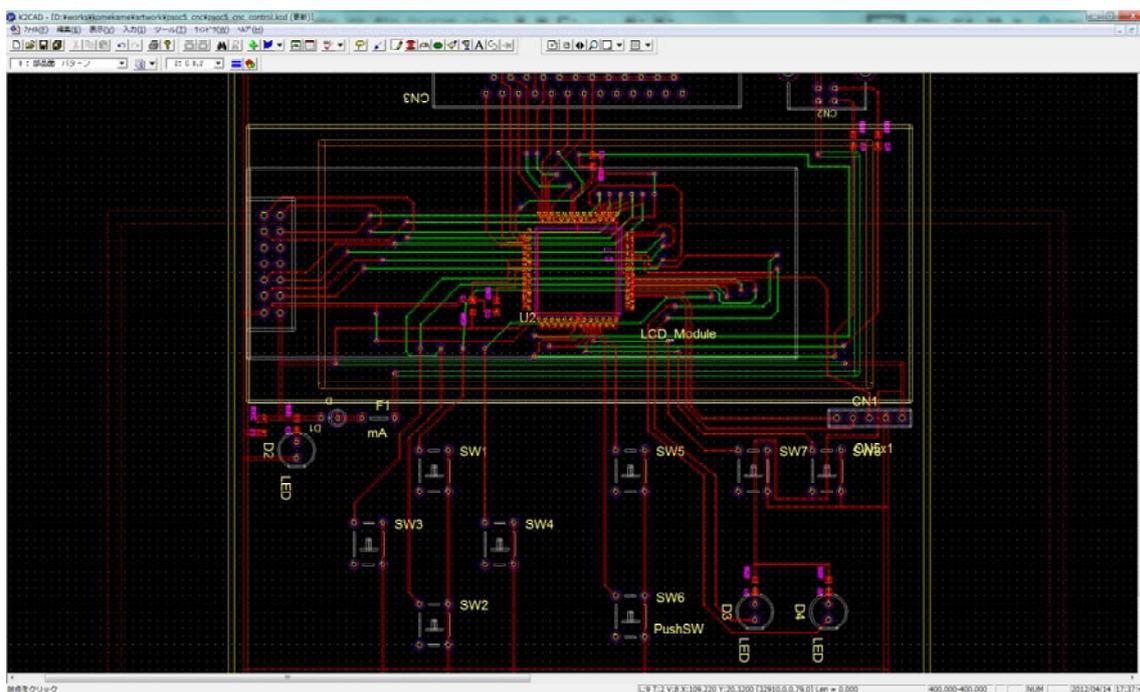


ネット管理ダイアログを開いてネットリストが登録されていたらプロジェクトの作成は完了です。

後は部品を置いていき、F11 ボタンを押すとラッツネットが表示されます。部品は「配置状態」になっていないとラッツネット表示もガーバー出力もされませんので、部品のプロパティで配置状態にするのを忘れないでください。



ここまできたらラッツネットと回路図を頼りに配線設計を行うだけです。



こうしてラッツネットの点線が無くなるまで配線を繰り返せば完成です。

ガーバーの出力

プリント基板の設計が完了したらそれをガーバーデータとして出力します。

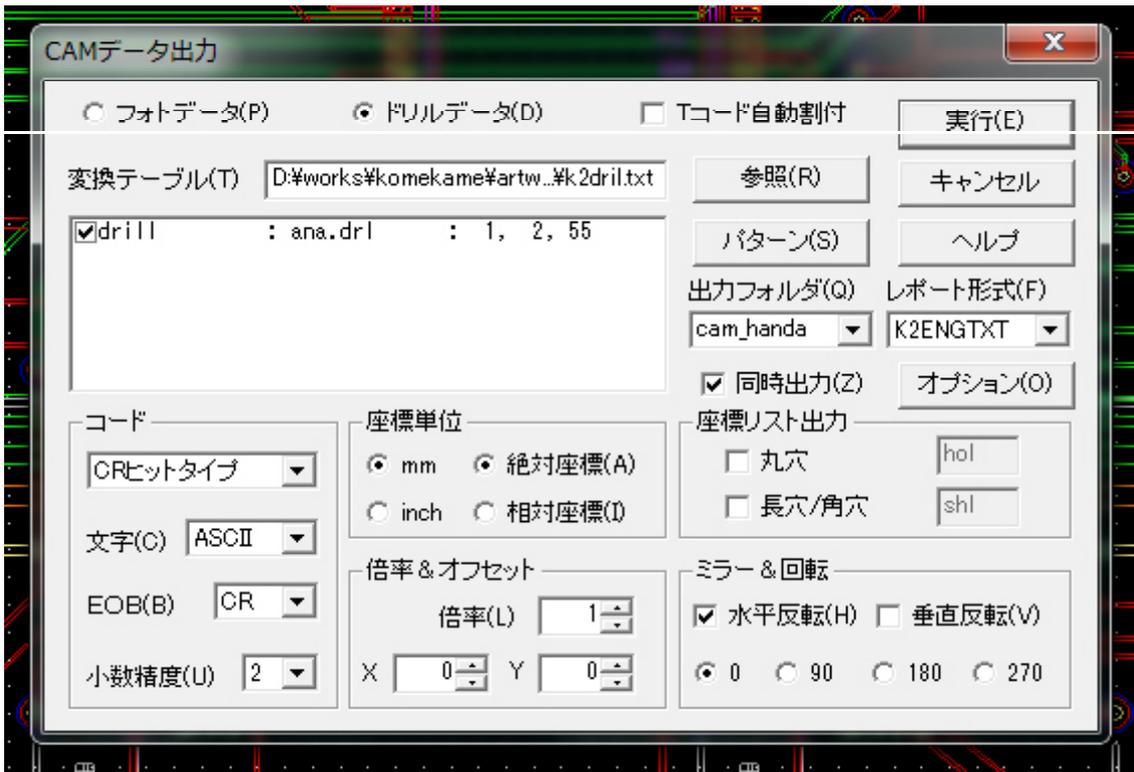
K2CAD では「CAM データ出力」という名前になっています。



必要に応じてレイヤーを出力するのですが、CNC フライスでプリント基板を作る際に必要な物だけで良いです。

私は、ハンダ面(部品面)のパターン+外形データ+ドリルデータの 3 つを出力して利用していますし、Gynostemma はその 3 つを読み込みます。

ハンダ面を出力する際は、水平反転を指定してミラーにすることを忘れないください。ドリルデータとそれぞれ指定する必要があります。



ドリルデータを出力する際は、穴の大きさ(径)をツール番号(ドリル刃の指定)で指定する必要があります。例えばツール番号 10 番は 0.8mm のドリル穴、といった具合に。

「Tコード自動割り付け」を使うと使用している径に番号を割り当ててくれますが、どの番号がどのサイズかわかりにくくなってしまいます。

予め変換テーブルファイルを作っておくと毎回同じツール番号になるのでやりやすくなります。

変換テーブルファイルは以下のようなフォーマットのテキストデータです。

- ・ T10 , 0.80, TH
- ・ T11 , 1.00, TH
- ・ T12 , 0.50, TH
- ・ T13 , 2.00, TH

これで設計基板のガーバーデータができました。

レジストやシルクといった必要なレイヤーも出力してあれば、各種プリント基板作成サービスに送って作って貰うことも可能です。

今回は CNC フライスでプリント基板を作成することが目的なので、このガーバーデータを使って自宅でプリント基板作成する手順をさらに追っていきましょう。

G コードの作成

ガーバーデータと G コード

プリント基板の設計データをガーバーデータという形式で用意することができました。

ガーバーデータはプリント基板のパターンを指定する設計データですが、通常これをそのまま CNC とフライスにかけて製造を行うことができません。フライスを制御する CNC は G-Code と呼ばれる制御コードで駆動させます。この G-Code とガーバーデータに差異があるためです。

実はガーバーと呼んでいるデータも G-Code の亜流です。G-Code は工作のために工作刃を XYZ に移動させる情報を持つのですが、ガーバーはこの移動情報に線の太さという情報を追加したものとなります。



通常のガーバーは RS247X のことですが、「フォトプロッタ」という歴史を念頭に置いておくと理解が早いと思います。

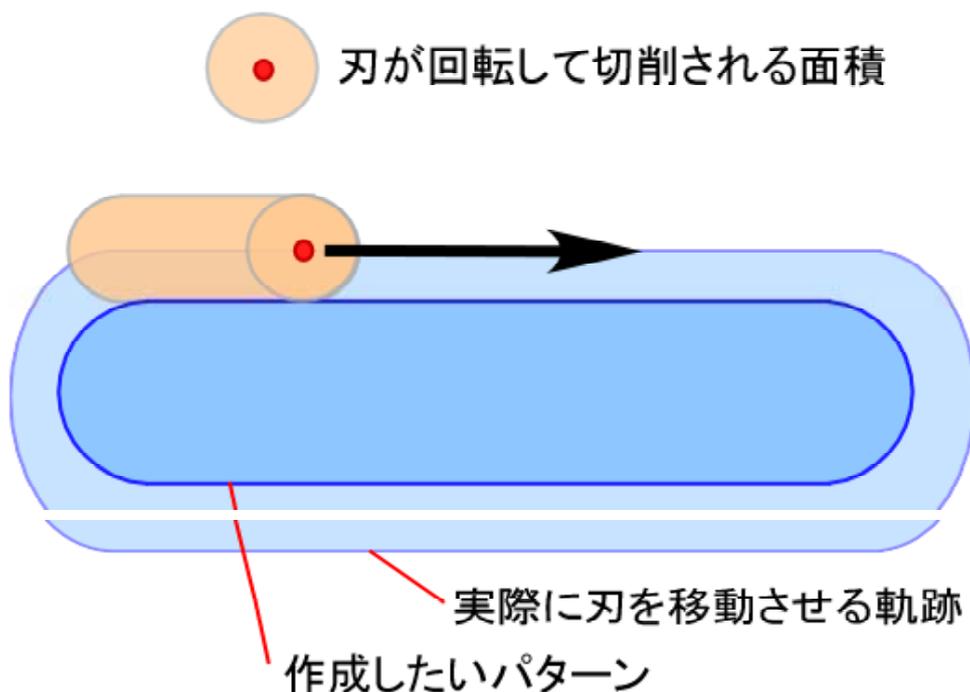
その昔コンピューターから図版を出力することが一般的でなかったころ、機械操作で図版を書く手法としてフォトプロッタがありました。光で感光する印画紙に対してシャッターを開いて光を当てることで点を感光します。その光源とシャッターをプロッタでズーっと移動させると線を描くことができました。なので線はシャッターの形の軌跡となります。

この光源を移動するという情報を G-Code で制御し、シャッターの開閉および大きさと形をガーバーの拡張部分で指定していました。太さを持った G-Code というのはこの構造をイメージすると理解することができます。

ガーバーをそのまま CNC に読み込ませても線の中央に値するものしか切削しないので期待するパターンを掘る事ができません。

ガーバーが意味するパターンの外周を掘るようにしてやらないといけません。

しかも、切削する刃はそれ自体が幅を持っていますので、刃の幅(の半分)だけ余計に外側のパターン外周を掘るような指示をしてやる必要があります。



「ガーバー to G-Code」と銘打たれているものは大体この作業を行うものです。ガーバーデータを読み込んだ後、パターンを切削できるような動作を直接フライスにさせるアプリもあり、一旦 G-Code を介すかどうかはアプリに因るようです。

ガーバーから G コードへの変換

では実際にガーバーから G-Code へ変換をしてみましょう。

"gerber to g-code" で検索すると多くの結果が見つかると思います。みんな苦労しているんですね。

Eagle で基盤設計をしている場合は Eagle からガーバーを介せず直接 G-Code を出力できるスクリプトがいくつか存在しています。キデツジさんのところに Eagle to G-Code の改良版スクリプトと解説(<http://kideaji.blog13.fc2.com/blog-entry-4.html>)があるので参考にすると良いと思います。

今では OriminPCB や WINSTAR PCB を利用することもできますので環境によっては検討しても良いでしょう。

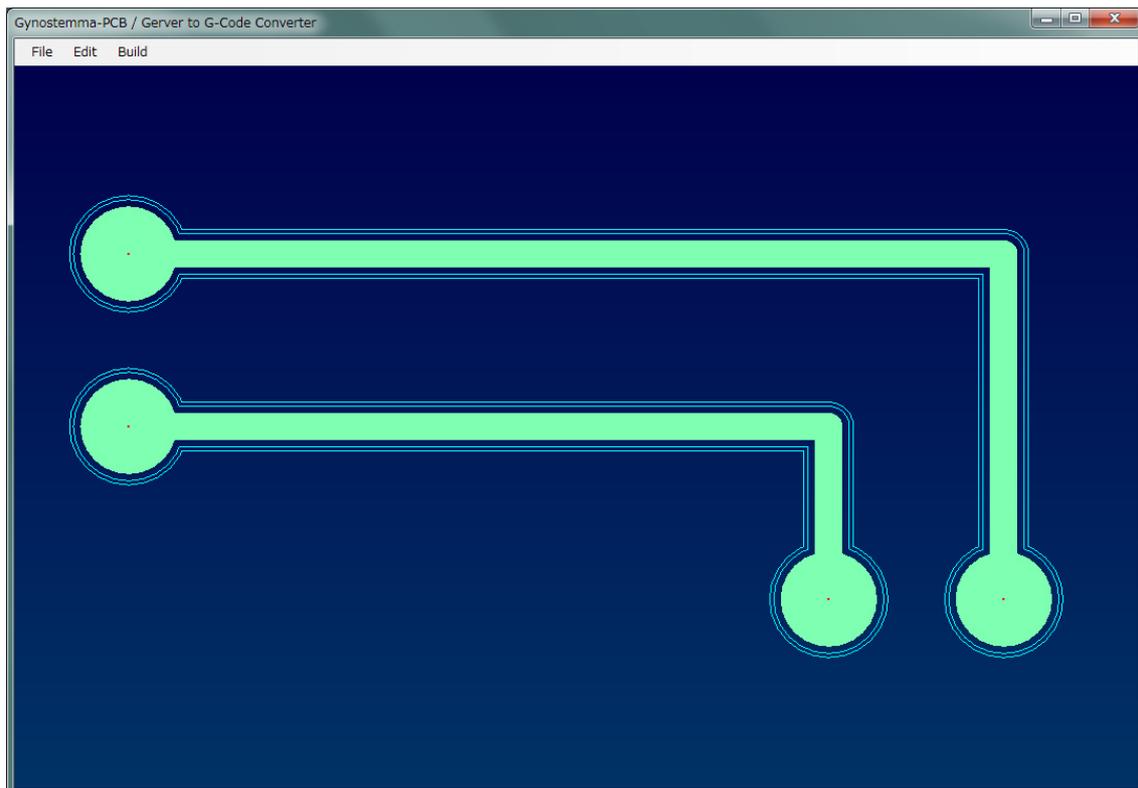
フリーソフト系では色々試したのですが、当時は私が望む以下の条件を満たすものが見つかりませんでした。

- ・ K2CAD のガーバーを読み込める

- ・パターン、ドリル、外形の3つを「同じ座標軸」で最後まで扱える
- ・パターンを一時的にビットマップパターンに落とさず、ベクターのまま扱える

どうも満足するのが無かったので自分で作るか、と自分で使うために作成を始めたのが拙作の「ガーバー to G コードコンバーター Gynostemma」になります。

Gynostemma を利用すると以下のようにパターンから、その外周を切削するようなツールパスを生成することができます。



出力される G コードの種類

Gynostemma の使い方は省略しますが、その結果出力される G-Code は3種類となりドリルは穴の径の数(ツールの数)だけ出力されます。

- ・ nc_pattern.ncd (パターンを切削する G-Code)
- ・ nc_gaikei.ncd (基板をくり抜く外形の G-Code)
- ・ nc_t10.ncd (ドリルで穴を開けるための G-Code)

ドリルの t10 という部分は CAD 上で指定したドリルのツール番号がついていて、ツールの数(ドリルの穴種類の数)だけ出力されます。

要するに、刃を取っ替える必要がある分ファイルに分けて出力されていることになります。

これらが CNC フライスでプリント基板を切削するのに必要な G-Code となります。
求めているのはこれでした、ここまでの CNC フライスでプリント基板を作るための
準備となります。これを CNC にかけることでプリント基板を作成することができる
ようになります。

CNC フライスの基礎と加工する刃

刃の種類



CNC フライスでは目的の加工に応じて色々な種類や大きさの刃を利用します。
ここではプリント基板作成に使う刃を見ていきましょう。

エンドミル



エンドミルは CNC フライスで通常使われる刃です。

刃先の形状が丸いボール型と、矩形になっている角形の 2 種類が一般的です。

上記写真の刃は角形 1mm 径のものです。

角形は一番下の底面と側面のそれぞれに刃が有り、ここにふれたものを全て削り飛ばします。側面でも切削できるので、素材に突き刺して横にずいーっと移動すれば切断になるのですね。

プリント基板作成では主に基板の切り抜きとねじ穴の様な大きな穴開けに使います。カッティングに使う分には径が小さいほど幅が小さく刃サイズを意識しなくて済みそうところですが、細いと高い上に折れやすいので 1mm あたりの廉価セットが一番お得に使える気がします。

通常のエンドミルは金属加工も視野に入れているのですが、プリント基板で使う紙フェノール(バークライト)はそれに比べて十分に柔らかいので最適というわけでもないようです。樹脂やアルミといった柔らかい素材専用のエンドミルも存在し、それを使うと幾分静かに切削できるようです。

ただ、樹脂用エンドミルは若干お高めで、効果抜群とまではいかないので費用対効果としては通常 of 廉価エンドミルで十分ではないかと思ひます。

ドリル



おなじみのドリル刃です。

金属に穴開けするわけでも無いので特筆することも無いのですが、CNC フライスのスピンドル(後述)にセットできる径である必要があるので CNC フライス専用のドリル刃となります。ホームセンターで売っているドリルの刃を買ってきてセットできるわけではありません。

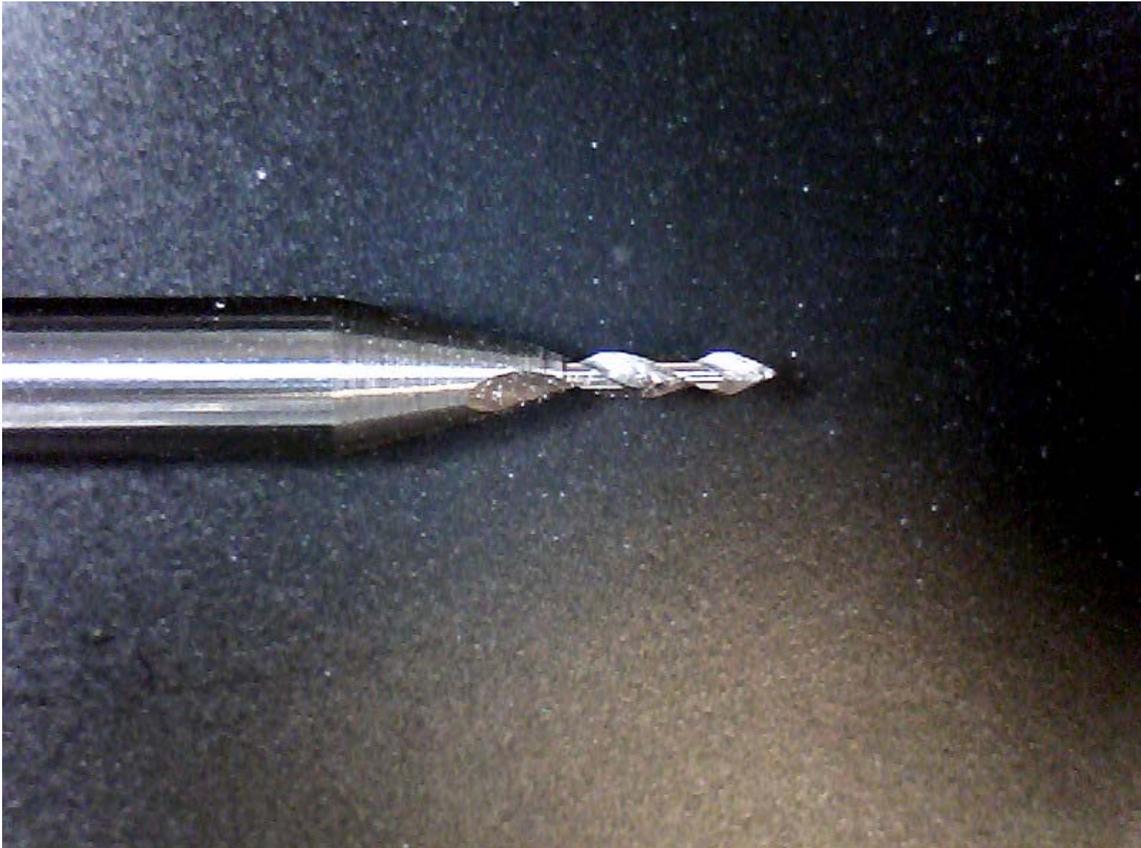
取り付けの軸径は大体 3mm のものが多い様です。

刃の径は必要に応じて揃えてください。

私は以下の 3 種類を揃えて使いわけています

- ・ 0.8mm 通常の DIP ホール
- ・ 1.0mm ピンヘッド等のコネクタで使う
- ・ 0.6mm 2 面貼り合わせのスルーピン用ホール
- ・

PCB カッター



プリント基板のパターンを掘るための刃です。

大体 0.2～0.4mm 幅の溝を掘ることを目的としています。

通常は先端が V 字型をしており、基板にめり込ませる深さで切削幅を調整します。カット基板の銅箔の厚さは 35 μ m くらいなので 0.1mm も下げれば十分に切断できます。

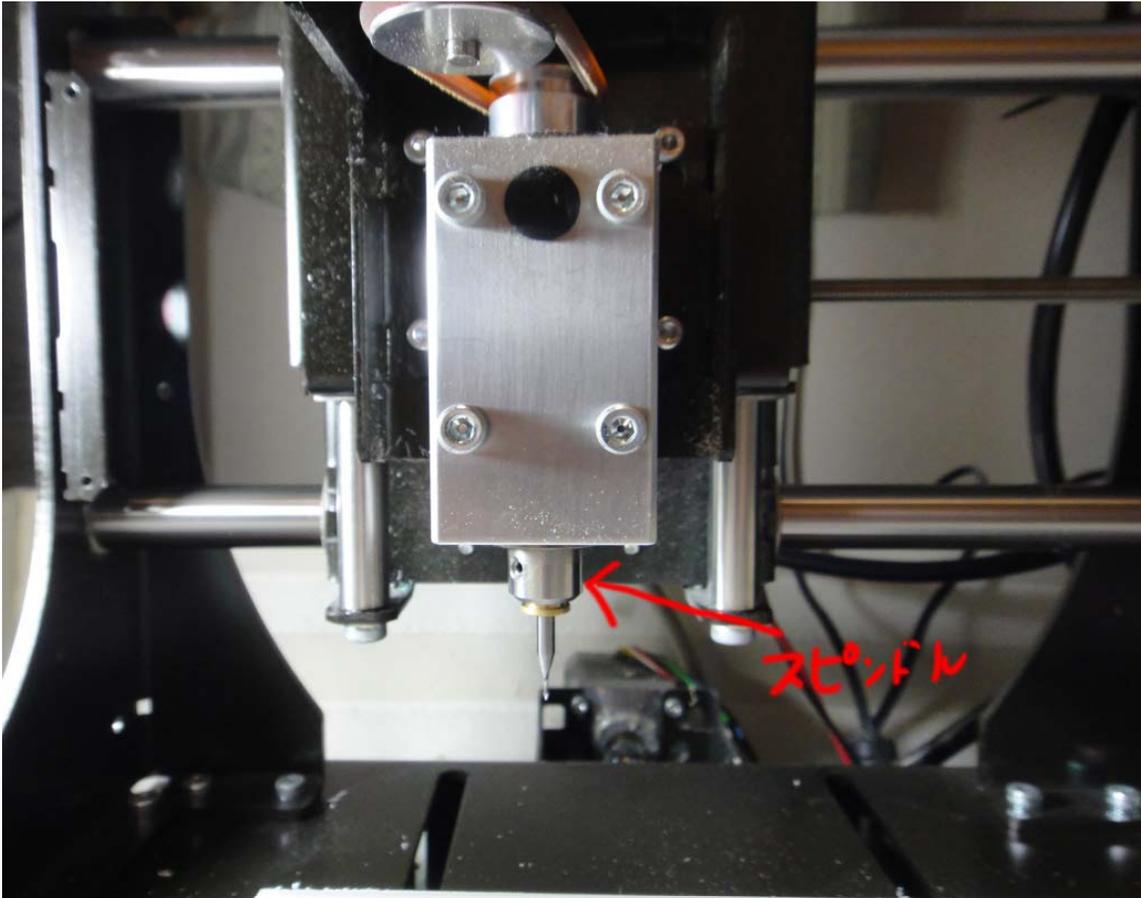
写真の刃はオリジナルマインドの「美濃昌典(先端 53 度)」です。ちょうどエンドミルの先端を細めたような形をしていますし、0.8mm 径のドリルとしても使えます。先端 53 度というのは、深さ 0.1mm に沈めたとき切削幅が大体 0.2mm 近くになるという設計の様です。

コレット

CNC フライスでは回転するスピンドルの部分に刃をセットするのですが、このスピンドルの穴の径で使える刃がきまります。



スピンドルに刃を差し込んで芋ねじで固定するのですが、スピンドルの径ちょうど
の刃を使わないといけません。しかし、刃によってこの径が 6mm, 4mm, 3.175mm,
3mm と様々です。(iModela はハンドリユーターサイズの 2.35mm)
刃の軸径に合わせてスピンドルを用意しそれを差し替えるのが推奨されている使い
方となります。



しかし、スピンドルはスピンドルホルダーに取り付けられフライスに固定されているため、交換するには Z 軸をほとんどぼらしてまた組み立てるという作業が必要になってしまいます。

そこで私は径変換のスリーブコレットを利用しています。



コレットを使うと偏心する可能性があるため推奨ではないのですが手軽に径の違った刃を交換できるようになります。

私はキデジショップ(<http://kideaaji.cart.fc2.com/ca2/56/p-r-s/>)さんで購入したのですが、現在は在庫なしになっているようですね。探してみると同様のコレット(もしくはスリーブという名称)で扱っているところがいくつか見つかりますのでそういったところで在庫があるところから買い求めるとよいのではないかと思います。

今使っている刃だと、ドリルと美濃昌典が 3mm 軸、エンドミルが 4mm 軸なのでこの二種類があれば事足りている次第。

オリジナルマインドさんは、この軸の違いを考慮してできるだけ 1 本の刃で交換なしに仕上げるようにという方針の様子。「土佐昌典」シリーズはそういうコンセプトの刃。これだとスピンドル径が一つで済むからね。

他の刃を使いたい、特にエンドミルを使うところをどうにかすれば 3mm 軸一本で済ますことができるかもしれません。

基板切削の準備

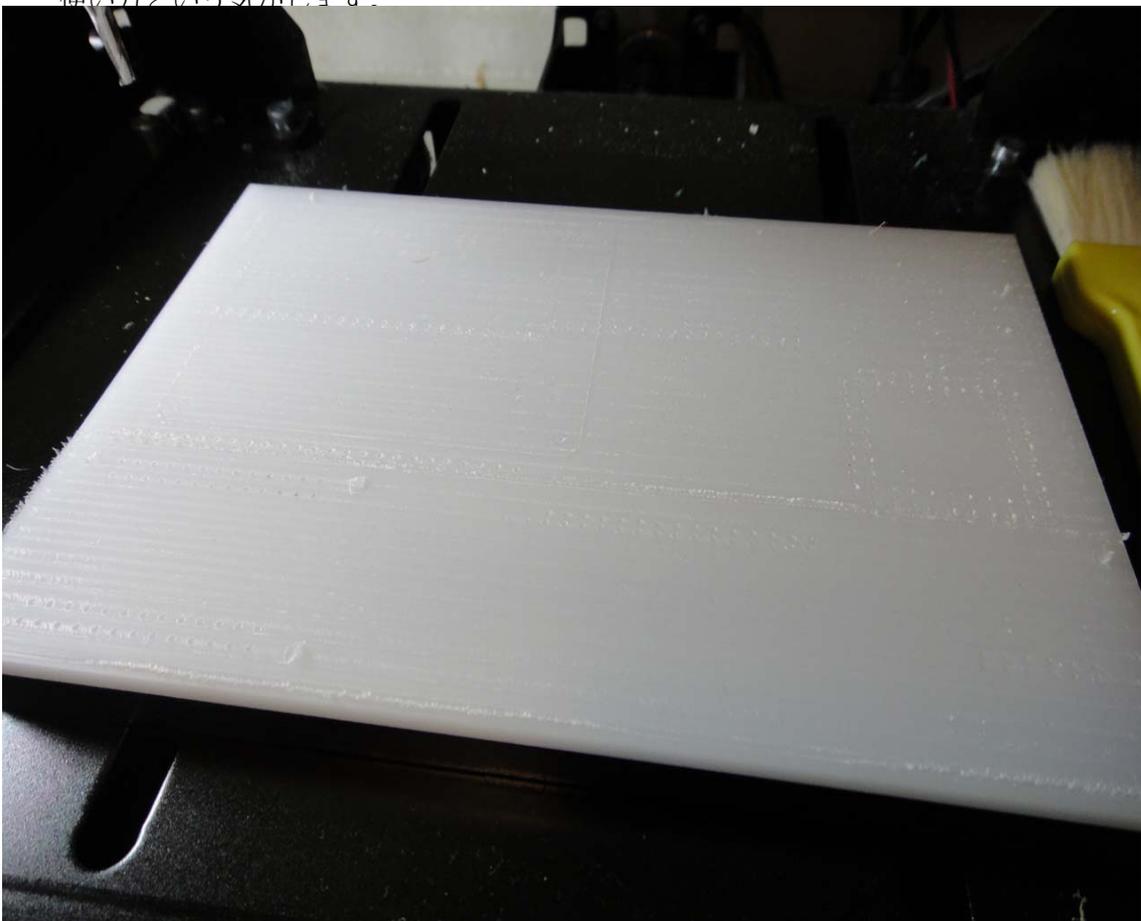
CNC フライスで切削を始める前に準備をしましょう。

捨て板

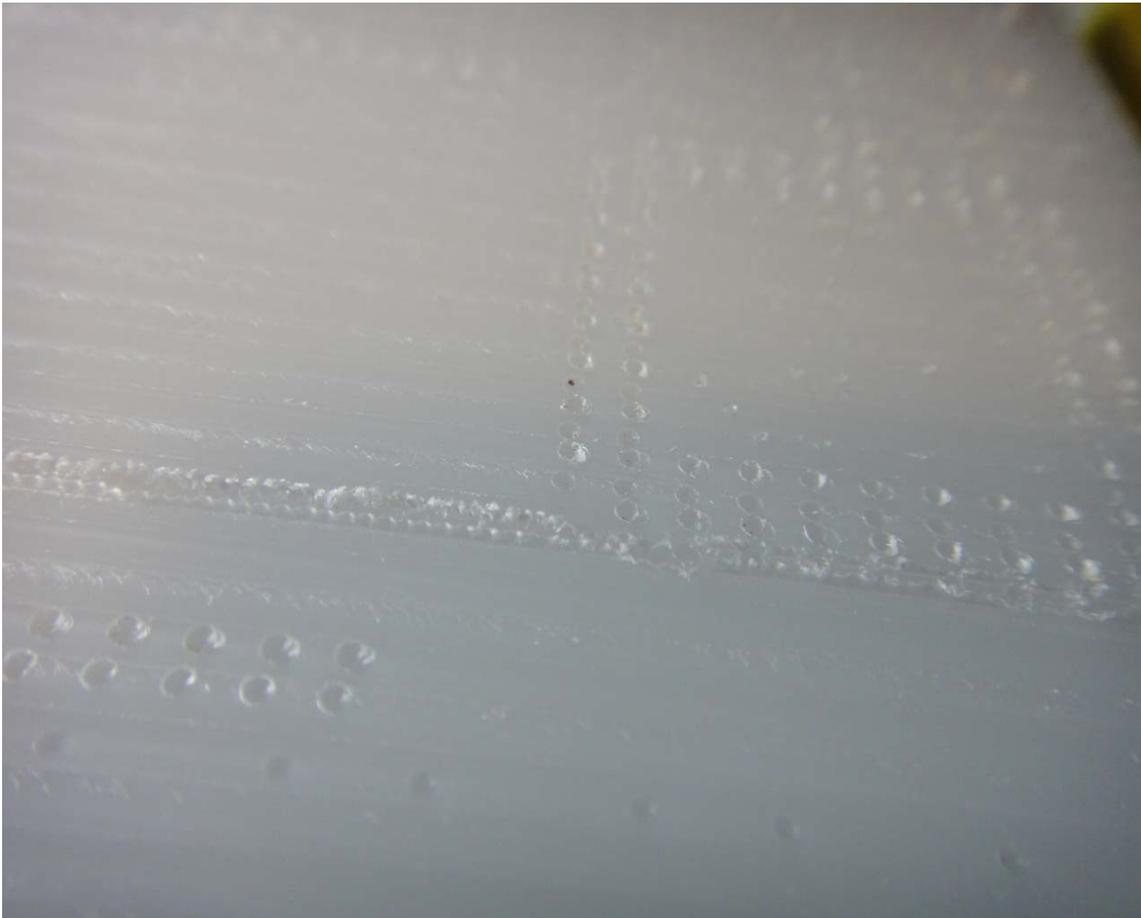
プリント基板として切削する銅箔板のほかに、一緒に切ったり穴を空けたりしても良い板を用意しておきます。これを捨て板といいます。

ボール板などで穴を空けるときに、穴を空けたい素材の下に木板などをおいて一緒に穴開けをしますがそれと同じ意味を持ちます。穴あけ時の貫通面破損を押さえる効果と、突き抜けて加工する穴あけ掘削時にテーブルを傷つけない様にといった用途で用います。

オリジナルマインドさんの作例を見ていると銅箔板と捨て板を毎回セットで貼り合わせて使い、捨て板も一回の加工で捨ててしまうようですね。確かにそれは確実な使い方という気がします。



私はテーブルの上に POM の板を一枚張って、それを捨て板として使っています。



実際にプリント基板を作った後では、ドリルの穴や基板切断時の溝などが残ります。



ある程度表面がぼろぼろになって使いにくくなったら、面だしコードで表面を薄く削ります。

これで穴の開いていない面が用意できるのでまたきれいな切削が行えます。

少しずつ少しずつ削って使える面を作っていくので、数ミリの POM で結構持ちます。

1.6mm のベークライト板を使っていたこともありましたが、0.2～0.4mm ずつ削っても数回使えるので割と長持ちしました。

両面テープ

CNC フライスのテーブルに固定ねじやクランプがあればそれで銅箔板を固定します。

無い場合は両面テープで銅箔板をテーブルや捨て板に固定することになります。

プリント基板の場合は張り付きやすいので両面テープの利用で良いのでは無いかと思えます。

その際両面テープの選択が結構重要になります。

強力なテープを使ってしまうと加工が終わった後剥がせなくなってしまいますし、無理に剥がそうとして曲げてしまったり割ってしまったりする可能性が出てきます。

かといって剥がしやすいテープを使うと、今度は加工中に剥がれて失敗してしまう

可能性があります。

どんなテープが良いかというとむずかしいのですが、私は基材が紙じゃ無いものを推します。

紙が基材の両面テープは破けやすいので、加工後剥がすのに大変苦労します。

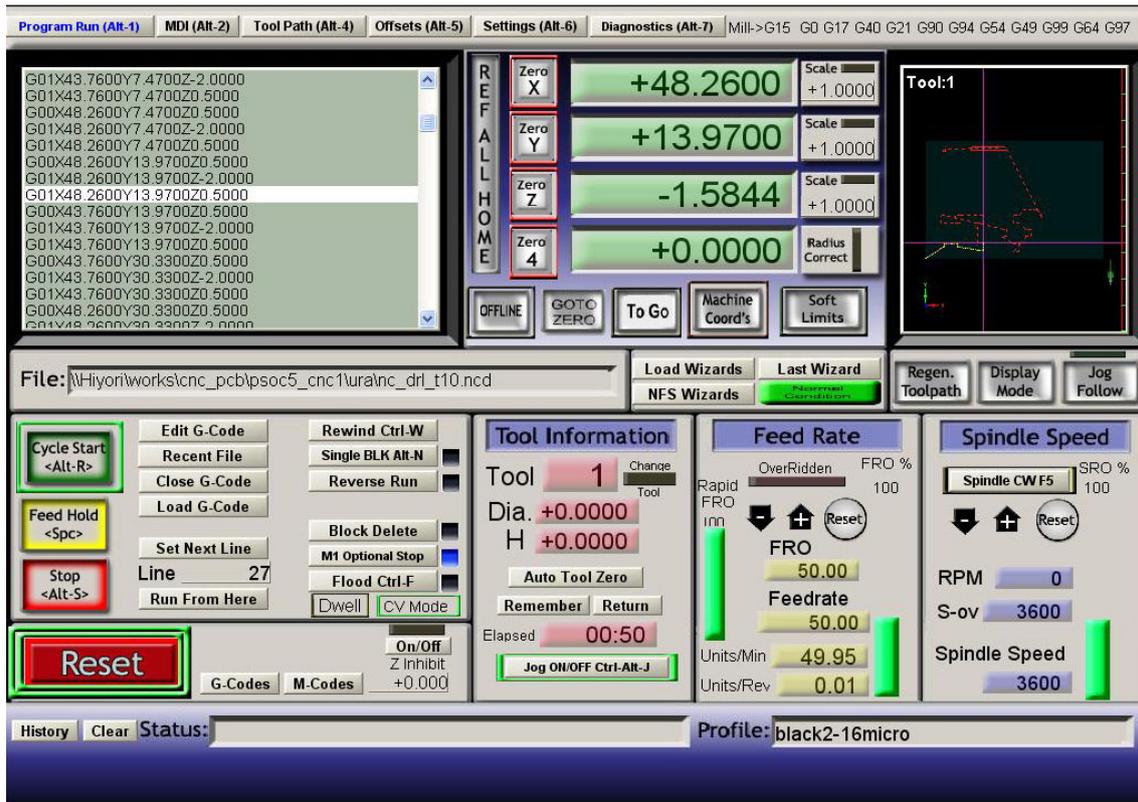


一押しは「セルタック」というセロハンテープ基材の奴なのですが、入手しにくいという難点があります。

ゼロ点出し

これは基材準備ではないのですが、CNC ソフト上でここを工作の原点としようというゼロ点決めを行う必要があります。

Gynostemma ではパターン切削、ドリル穴あけ、外形切削の 3 種類の G-Code を出力しますが、これらの XY 原点は全て同じとしています。なので、最初にここを XY 原点として設定するよと決めたらツール(刃)を交換しても触らずにそのまま最後まで使い続けます。



通常は CNC ソフトにゼロリセットボタンがあり、押すと座標がゼロにリセットされ現在の刃の位置が原点となります。

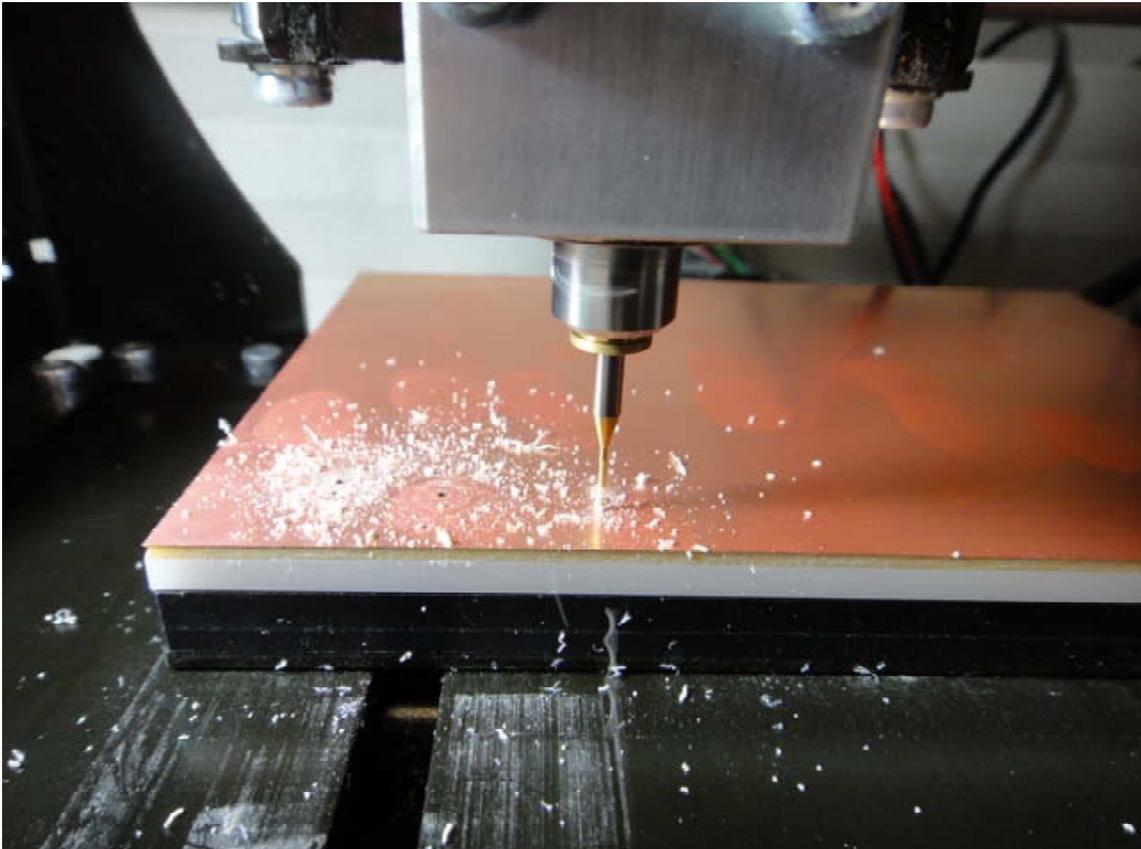
Z 軸縦方向のゼロ点は刃のセット位置によって微妙に変化します。

Z 軸のゼロ点だしについては、刃の止めねじを緩め落下させ板にコツンと当たって止まったところをゼロとします。そこでねじをとめて CNC で Z 軸の座標をゼロにリセットします。

プリント基板については板の上なのでこのゼロ点出しの方法で十分事足ります。

これは刃を替える毎に毎回やる必要があります。できるだけ平らな面の上に刃を持って行ってそこでゼロ点だしを行いましょう。

ドリルで穴あけ



実際に CNC と G-CODE で加工を始めましょう。まずは穴開けからです。パターン掘りとドリル穴のどっちが先かは特に論ずるほどの事は無いのですが、パターンを掘った後の銅箔は非常に細く剥離しやすいため「後ドリル」はなんだか怖くて「先ドリル」にしています。

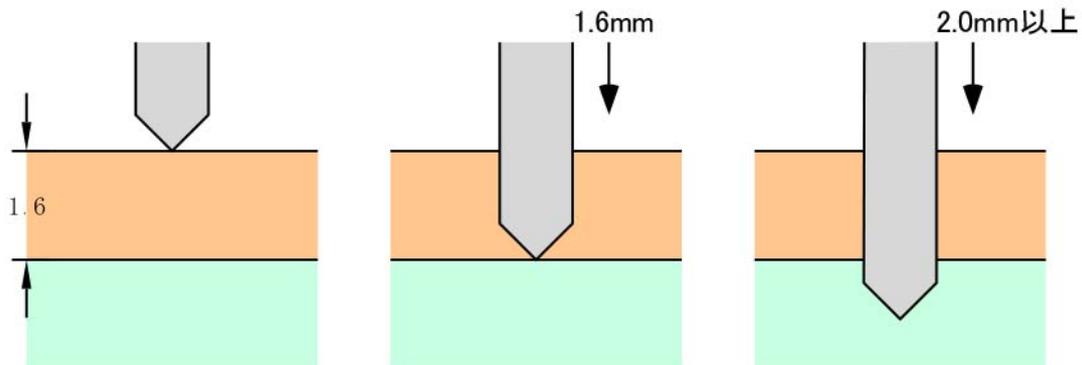
穴の深さと捨て板

CNC フライスでの穴開けは、刃を回転させた状態で Z 軸を下方向(素材にめり込む方向)へ移動させることで行います。

素材の表面がゼロ地点な訳ですから、穴を掘り進めたい深さだけ Z 軸を移動させることとなります。

角形のエンドミルならば掘り下げた距離がそのまま穴の深さになるので、板の厚みと同じ数値掘り下げるでも穴を空けることができます。ですが、一般的なドリル刃は先端がとがった V 字になっているため板の厚みと同じだけ掘り下げても穴が貫通

しない事になります。



そのため、ドリルで穴を開けるためには板の厚さより多く掘り下げて意図的に貫通させてやる必要があるのです。

私が 1.6mm のプリント基板に穴を開けるときはいつも 2.0mm ほどの掘り下げ量に設定しています。

それだけ掘り下げて貫通させるということは素材の下もある程度掘るということになります。なので、加工時には必ず捨て板が必要になるわけです。

ツールごとに穴あけ

個人用の卓上フライスでは「自動ツールチェンジャー」なる便利なモノは搭載されていませんから、加工内容によって刃を取り替えてやる必要があります。

Gynostemma ではドリル径毎に別々の G-Code を出力しますので、ドリル刃をセットして G-Code を読み込ませ加工、次のドリル刃をセットして G-Code を読み込ませ加工、といった作業を繰り返してやる手順となります。

刃を交換したら必ず Z 軸のゼロ点出しを行うことを忘れないでください。

これを忘れてしまうと、素材にめり込んだ状態のまま移動しようとしたりして素材だけで無く刃もおってしまうことになります。

これまでに何本折ったことか……。

ねじ穴はどうするか

ねじ穴やパーツの固定穴で M3 や M2 といった大きな穴が必要になるときがあります。

2.2mm や 3.2mm といったドリル刃を用意すれば良いのですが、フライス用のドリル刃は高価で入手法も限られています。

ある程度大きな穴であれば以下のどちらかの方法で空けるのが良いでしょう。

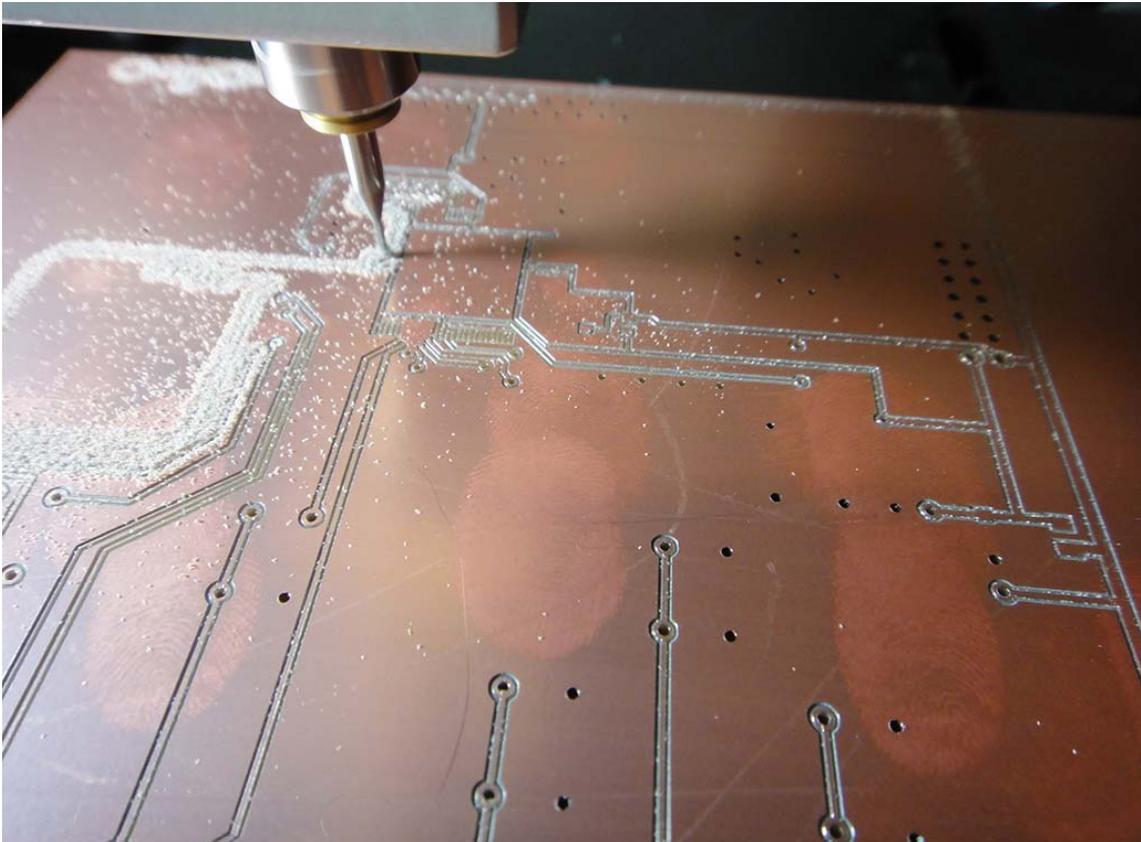
一旦 1.0mm 程度の細いドリル刃で穴を空けておき、後から手作業でドリルして目的径の穴にする

1.0mm とか適度な幅のエンドミルで円を描いて目的径の穴にする

CNC フライスの作業っぽいのは後者の方ですが、穴が少ない場合は前者の方が簡単で手っ取り早いときもあります。

エンドミルで穴をあけるのは外周切り抜きの時に一緒にやると良いでしょう。

パターンの切削



基板カッターによる切削

プリント基板加工最大の特徴&山場であるパターンカッターによる切削です。最大の特徴という割には特殊な事はあまりありません。一番の特徴は基板加工用の V 字カッターを使うくらいでしょうか。

昔は半月 V 字カッターを研いで使うなどが一般的でしたが、現在ではオリジナルマインドさんの基板加工用カッターである「美濃昌典」「土佐昌典 V」を使うのが良いと思います。多少お値段が張っても切れ味の良さには変えられませんので。

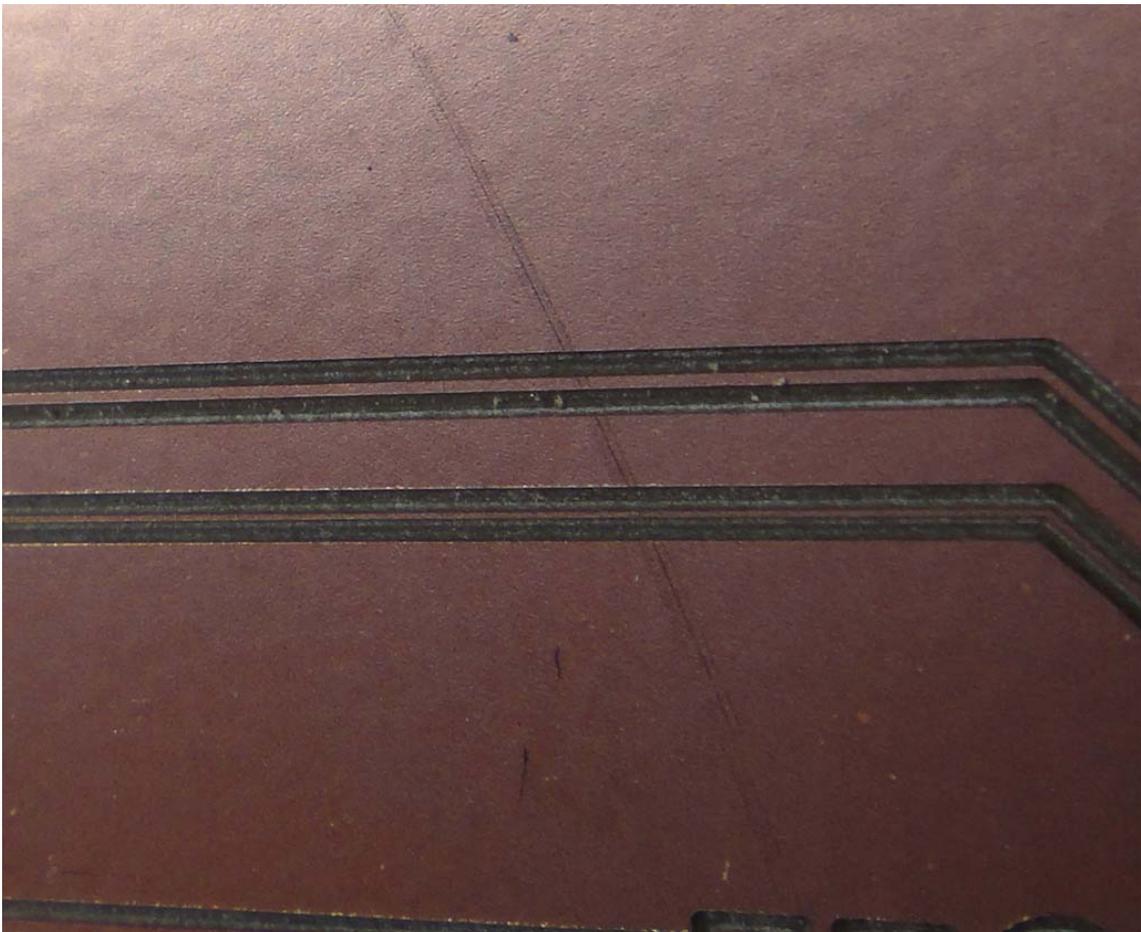
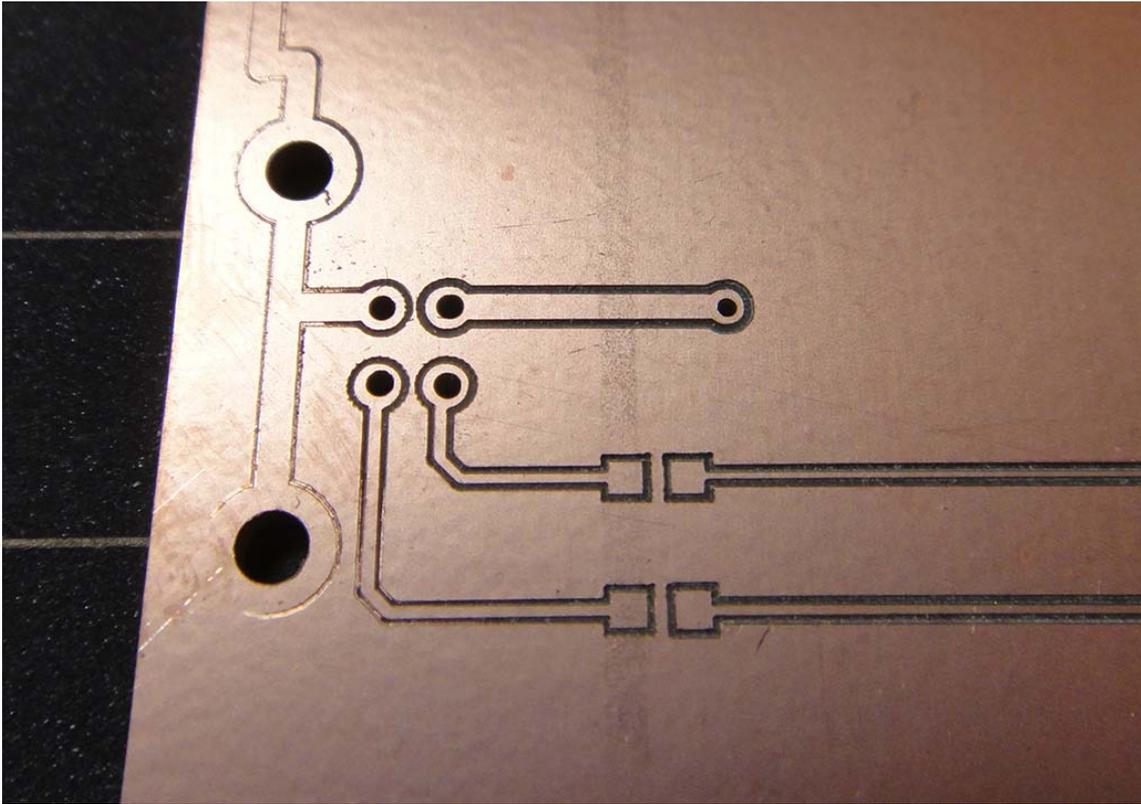
V 字カッター以前ではできるだけ細いエンドミル(0.5mm 程度)のものを使っていた様なのですが、あまり細かい精度が出ない上に良く折れていたそうです。

現在の 0.25mm 幅でパターンが彫れるというのは、それなりに進歩した結果なのですね。

注意点

パターン切削の注意点は「銅箔面を水平に保つ」最初から最後までこれにつきます。

パターン切削はフライスの刃で銅箔面を薄く剥いて絶縁させることで作っていきます。V字型のカッターは先端がとがっている事から、浅く削れば細く、深く削れば太く掘る事ができます。



そのため、銅箔板が水平になっていないと刃が浮いてパターンが途切れたり、逆に沈んで太く掘ってしまいパターンが無くなってしまったりということになります。あくまで銅箔面のどこでも同じ太さになるようにしなければいけません。

市販されているプリント基板加工用のV字カッターは表面から0.1mmの深さで切削する事を想定して作られている様です。どこでも0.1mmの深さで掘れるというのは案外難しく、目に見えない反りや傾きで容易に失敗してしまうものです。

個人的な経験から、プリント基板のパターン切削にはクランプ固定は適していないと思います。

両面テープを加工領域全域にまんべんなく張りつけ、均等な厚さで貼り付けるのがもちろんそのときに傾いたりしないように、両面テープが折り返していたりゴミを巻き込んで厚さが不均等になっていたりしないよう最善の注意をする必要があります。

カッターが切れなくなるとどうなる？

基板加工カッターも刃物ですのである程度使ってくると切れ味が鈍ってきます。

半月V字カッターの頃は自分で研ぎ直すというのも良く行われていましたが、2枚刃の奴は磨げるのでしょうか？個人的には試したことはありませんし、なんだか上手いかなそうで怖じ気づいています。

その基板加工カッターを実際に使い込んでいき切れなくなるとどうなるかですが、これは掘ったパターンの後、カットのサイドに「バリ」が現れ始めます。刃の切れが悪くなるほどにバリの量が増えていく感じです。なので加工後基板表面を素手で撫でてバリがあるかどうかを確認してみてください。

切れなくなるとバリが出るのにまだ使い続けているとどうなるかという、これが先端の刃がぽっきりと折れてしまいます。

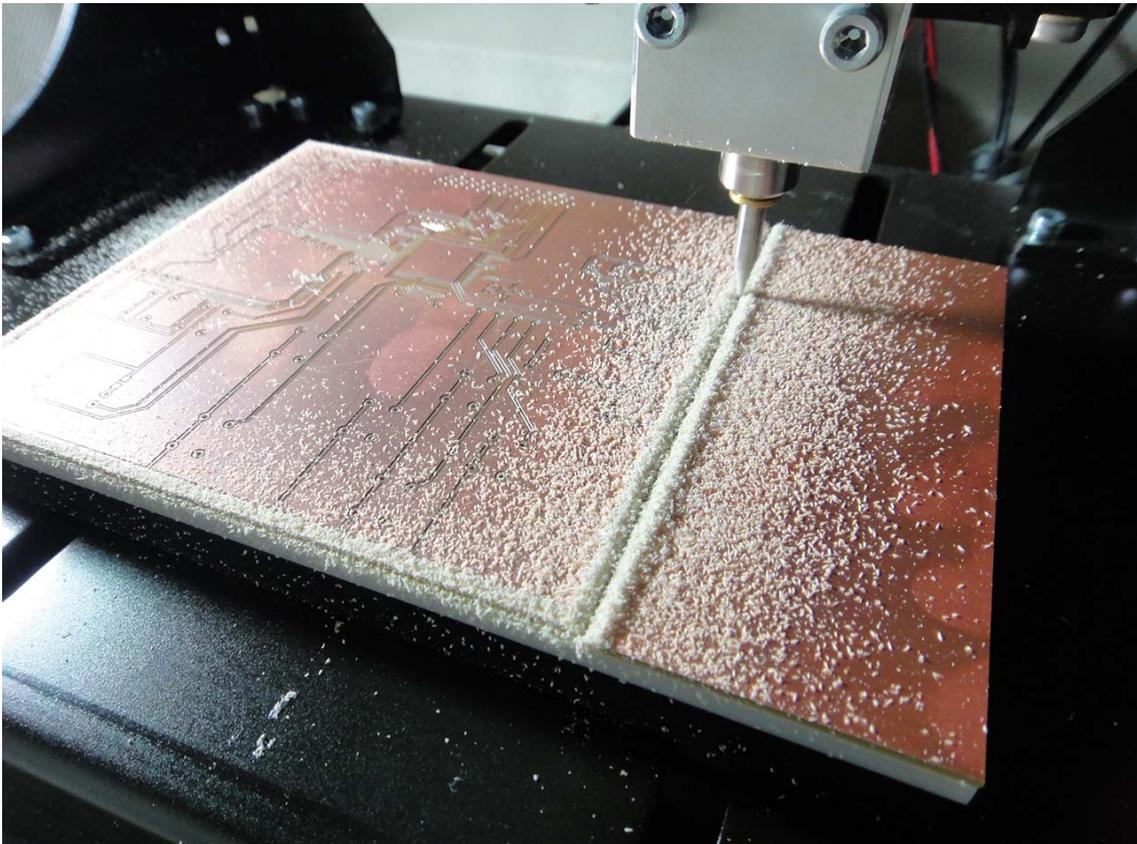
彫れないのに進む力は一定なので、横方向に力がかかるようになりポキッとってしまうのですね。

折れたら寿命だと刃を交換するのも良いのですが、その直前で新しい刃に変えた方が精度の高い工作が続けられることでしょう。

「美濃昌典」でどれくらいの寿命があるのかというと、大体150x100mmサイズの銅箔面を10枚つかったあたりで1本といった所ですかねえ。

1本3480円+板1枚180円×10 = 5280円がランニングコストなのですが、それでも自作基板の魅力と天秤にかけるとお安い方では無いかと思うのです。

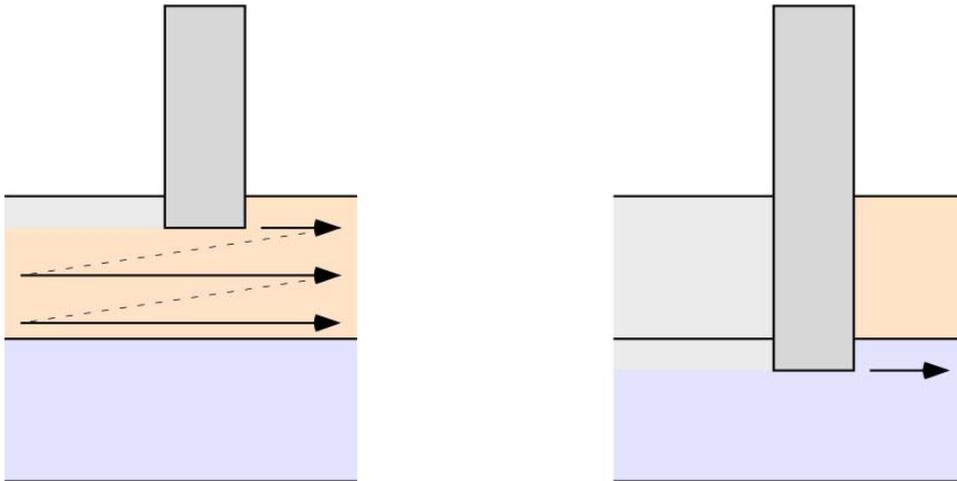
外周の切り抜き



プリント基板作成で、板のカットも面倒な作業の一つ。
そんな面倒なカットも CNC フライスなら寸法通り綺麗にかつ自由な形で行うことができます。

エンドミルでの切り抜き

エンドミルでの切り抜きや穴あけについては CNC フライスの基本的な目的なので切り抜き線にそって刃を移動させる G-Code を用意できればやり方については特別な手法は無いと思います。



ある程度の厚さのある素材を切り抜くには薄く削ってそれを何回も繰り返しながら刃を下ろしていくレイヤー型の切削と、最初に刃を貫通させてしまいエンドミルの側面で一気に掘っていく切断型の切削があると思います。

「アクリル切削の際に溶けてくっつきませんか？」という質問をいただくことが良くあり「？」と思っていたのですが、一気に掘る方式でやっているると溶けてしまうのかもしれない。私はアクリル加工の際も紙フェノールの際も薄く削っていく方式を好んで使っているので、素材の再溶といった現象には出会ったことがありませんでした。

ですので、時間はかかりますが薄く重ねていく方をお勧めします。

Gynostemma での外形切削出力も薄くレイヤーを重ねる手法で出力されます。1レイヤーあたりの深度を加減しながら、刃の具合と速度を調整して最適な掘りかたを見つけてるのが良いでしょう。

Gynostemma の外形はパターンと違って刃の幅分外側を掘る機能は付いていません。外形線がそのまま G-Code として出力される手抜き仕様なので、設計時に刃の幅を考慮しながらあらかじめいくらか外側になるよう自分で調整する様にしてください。制限ですごめんなさい。その代わりにねじ穴とかパターン穴とかも一緒に掘れますので上手いこと使いこなしてください。

粘着テープ

切り抜きが終わったら貴方のプリント基板は完成です。



両面テープで固定したテーブルから剥がしてください。その際、スクレイパーの様な工具を用意しておくとう容易に剥がせます。剥がす際に無理をすると、しなって曲がってしまったり最悪割れることもありますので注意してください。

さて、両面テープで固定しているモノに対し貫通で穴を開けたり切削したりして捨て板ごと削っているわけですから、当然両面テープも削り飛ばしていることとなります。



この両面テープが少々やっかいで、エンドミル等の刃先に巻き付いてしまうことがあります。いやむしろ巻き付いていないことの方があり得ないでしょう。

セルタックだと基材が堅めなのでエンドミルで削れてしまい、粘着質のみが巻き付いている形で済むのですが、基材が紙の奴だとかなりがっちりと巻き付いてしまいます。

どう考えても両面テープを巻き込んだ状態では刃によるしくありません。



そこで常備しているのが、刷毛で塗布するタイプのシール剥がし。文房具コーナーで容易に入手できるものです。

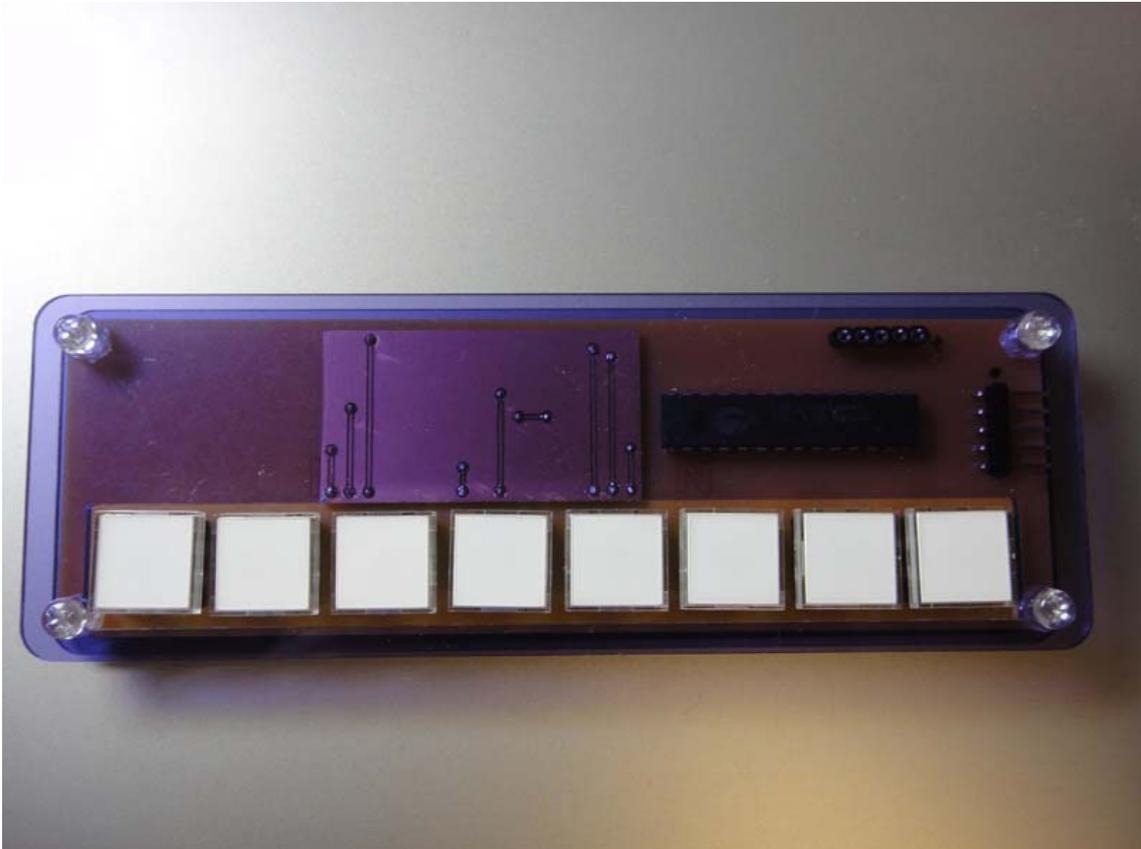


これを刃に巻き付いた粘着質にちよちよと塗布するだけで綺麗すっきり除去する

ことができます。

ティッシュ等で拭き取る際に指を怪我をしない様注意してくださいね。

アクリルカバーへの応用

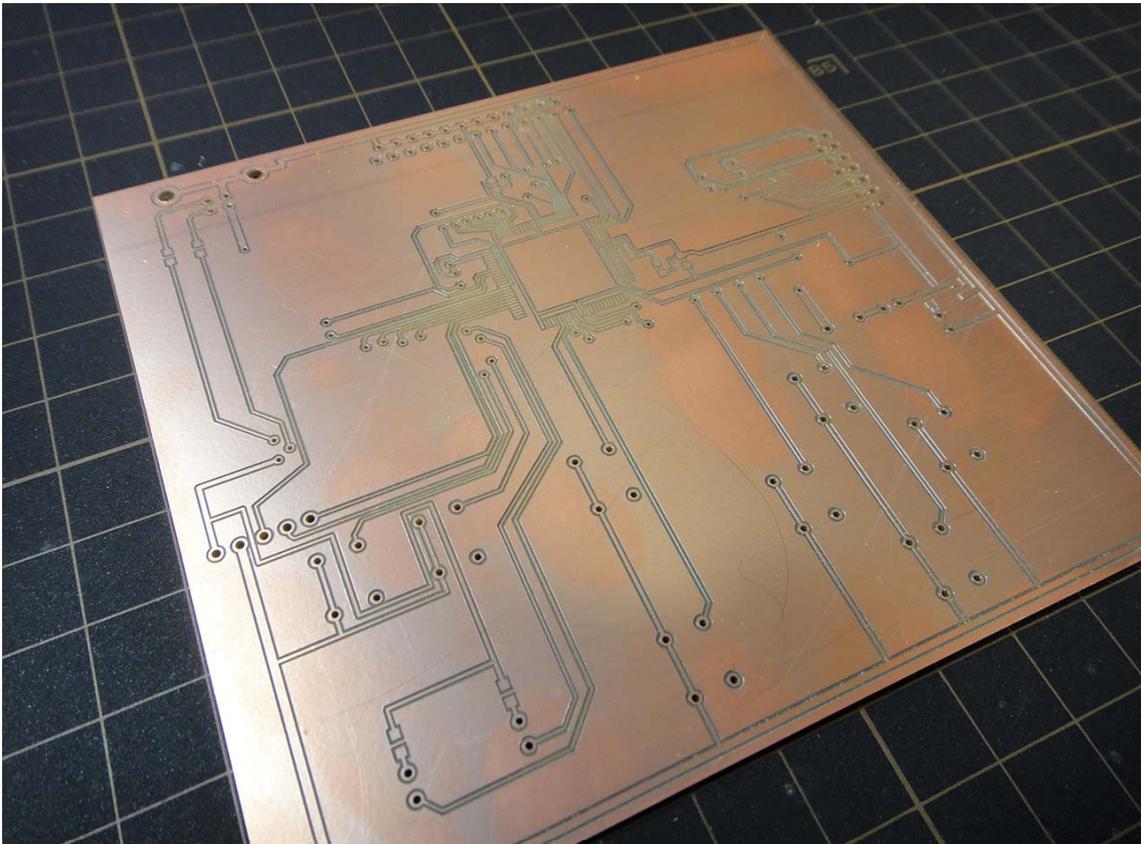


これだけ綺麗にプリント基板がカットできるのですから、同じ手法でサイズを合わせてアクリルケースをカッティングするのも良い作戦です。

CAD で基板設計をする際に、外形とは別のレイヤーで重ねるようにアクリルを設計してしまうのです。CAD 上でプリント基板と一緒に設計しますのでサイズを合わせられるというのと、ねじ穴等あわせに必要な部分が精密に作れるというメリットがあります。

アクリルの外形を Gynostemma 等でパス変換するのはプリント基板の外形と同じですが、パターンと一緒に変換できないためアクリル層だけ別にパス化するのが良いでしょう。

基板の仕上げ



プリント基板の銅箔面はとても酸化しやすく、手の脂などが付いたところからみるみる変色していきます。

完成したプリント基板は磨いた後なんらかの方法で保護してあげましょう。

洗浄

プリント基板が完成したら綺麗に洗浄をしましょう。

この過程は CNC フライスによるプリント基板製作だけでなく、エッチングで作成したプリント基板でも行います。

洗浄を行う理由は二つ。

一つは銅箔表面の酸化膜や油膜を削り落とすこと、そしてもう一つはフライスで切削した際の粉じんを溝から除去したり切削端のバリを削り落とすことです。

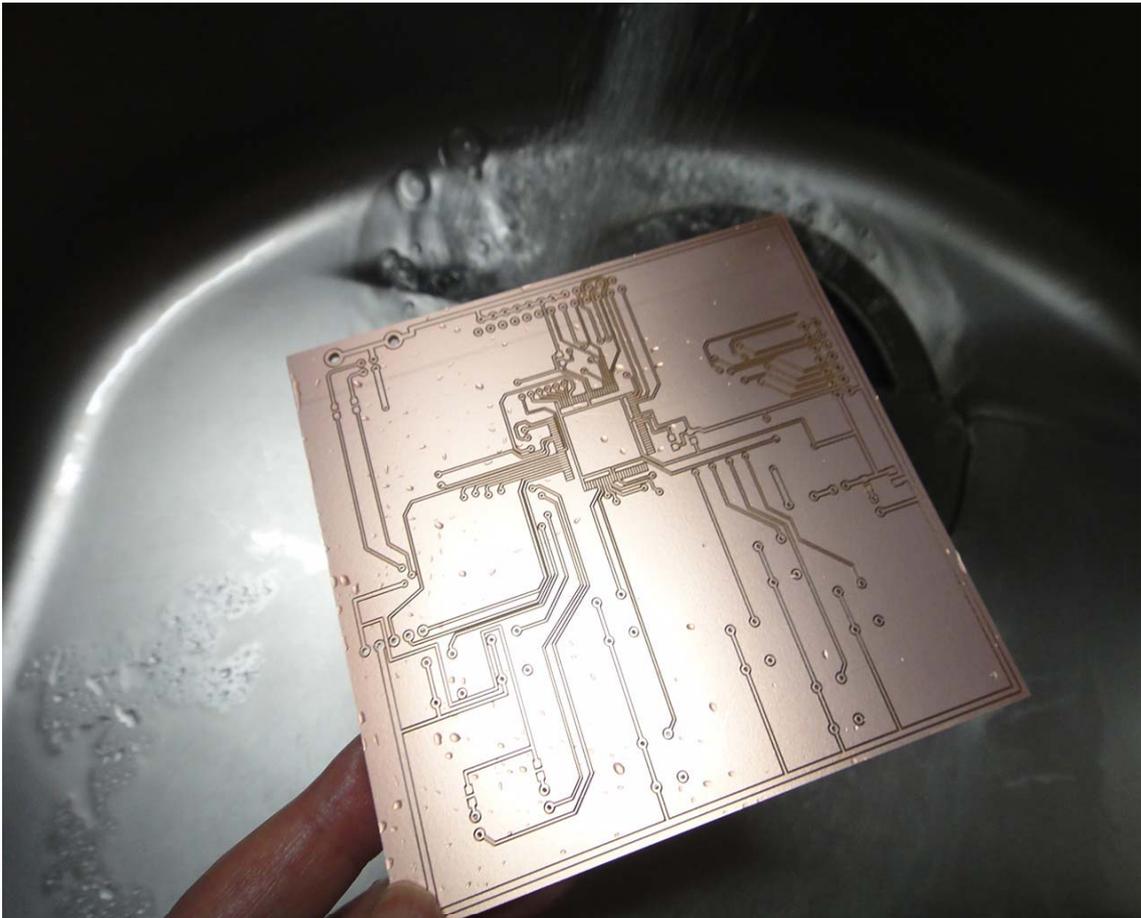
酸化膜は空気に触れているだけでできてしまうものですが、これをそのままにしておくと半田付けができないという問題もあります。



酸化膜除去のためにやすりで磨きましようで紹介しているところもありますが、私は台所用クリームクレンザーの使用をお勧めしています。断然これです。百元ショップやスーパーで簡単に手に入りますので食器洗い用スポンジと一緒に買いそろえてください。メチャクチャ使えるプリント基板製作工具ですよ。



クリームクレンザーとスポンジでゴシゴシこすり落とすだけでピッカピカに仕上がります。
細かいくずもクレンザーとともに水で洗い流してください。



洗い終わったあとキムワイプで水気を拭き取るとちょっと玄人っぽくて悦に入ることができます。が、普通に布やティッシュでも十分です。

フラックスの塗布

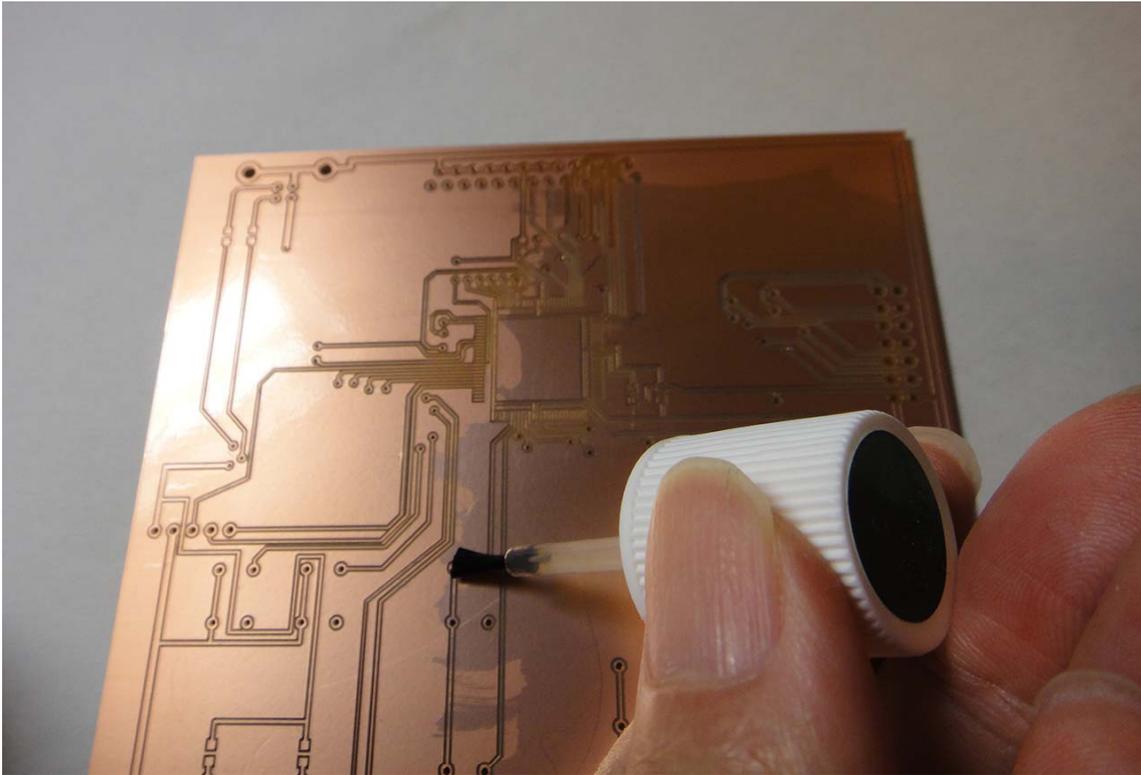
洗い終わってぴかぴかの基板ですが、これまたほっておくと再び表面が酸化膜で覆われてしまうためになにかでコーティングしてやる必要があります。

プリント基板製作会社に依頼するとソルダーマスクで大部分覆われますし、露出している部分はハンダレベラー(半田を薄く塗布して銅箔を覆ってしまう)してくれますので安心です。

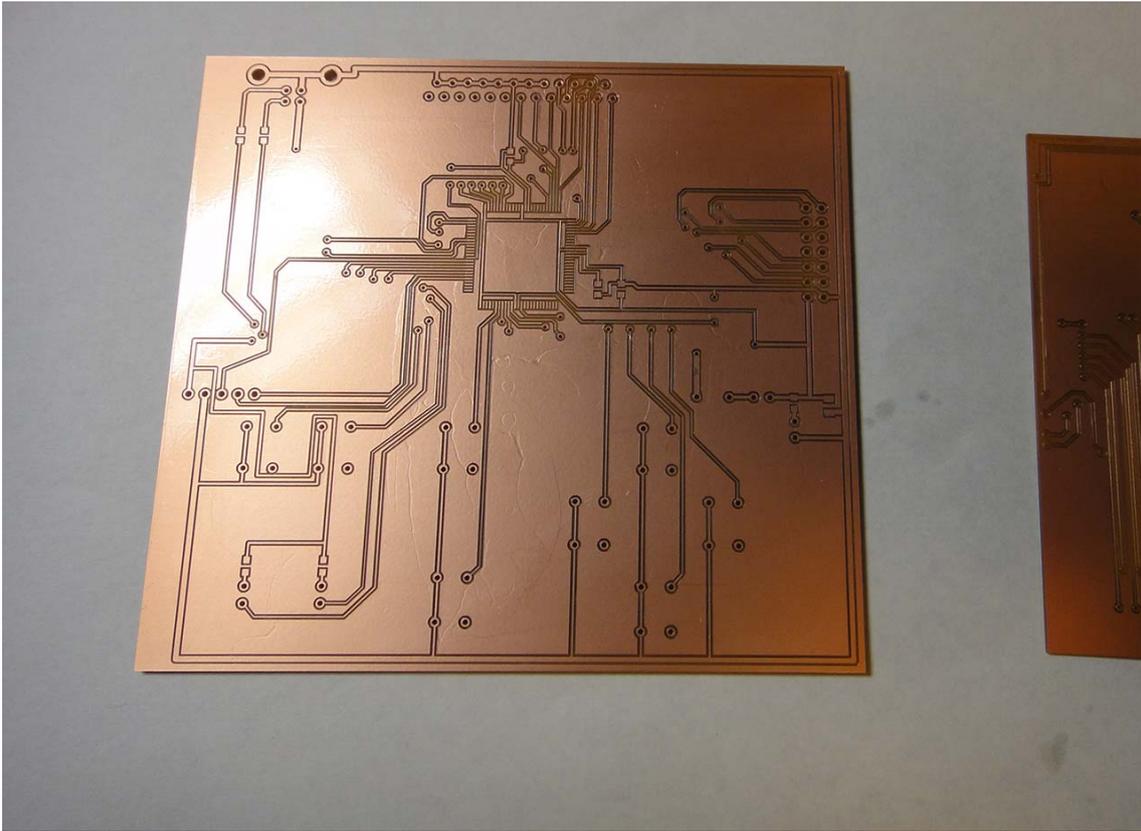
自作基板の場合、半田槽とかありませんので全面に手作業ハンダレベラーとかできません。



通常はフラックスを全面塗布して覆ってしまいます。フラックスは乾いてもべたべたするので埃とかくっついて汚くはなりますが、銅箔面の酸化は防いでくれます。それに半田付けのさいにフラックス本来の役目で半田の乗りを助けますので後々も便利です。

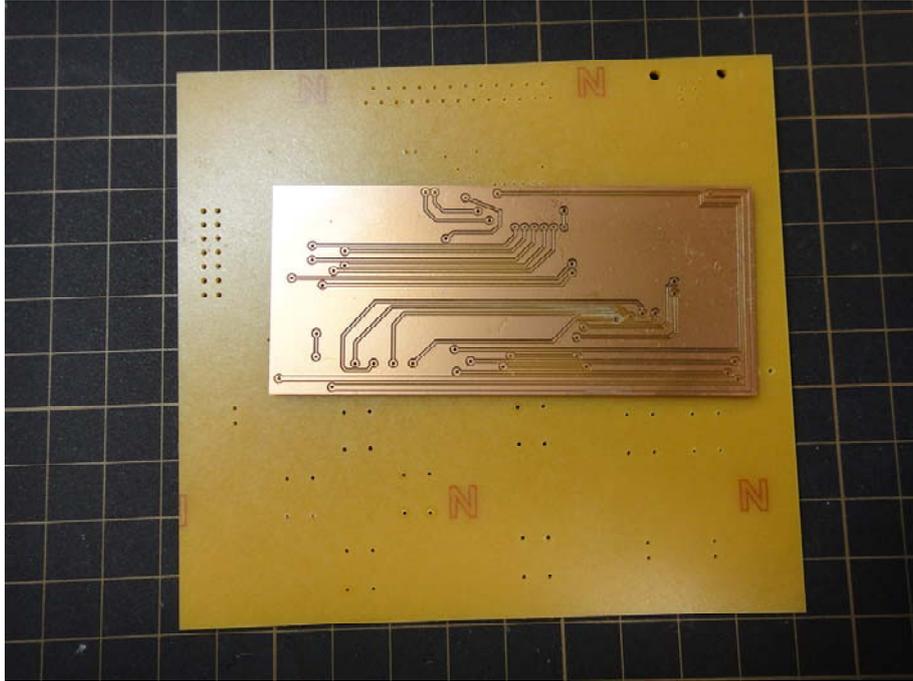


フラックスの塗布は刷毛でちびちび塗るのが良いです。スプレー式などもあるのですが綺麗に塗布するのが難しく、逆にムラとなってしまうたりあまり良い印象がありません。



フラックスを塗り終わったら良く乾燥させてください。これで自作プリント基板の完成です。

簡易 2 層を作成するには



自作プリント基板で表面実装部品を扱うことが容易になりましたが、そのまま密度の高い実装へとシフトしていくと今度は片面基板で配線できないという状況になってきます。

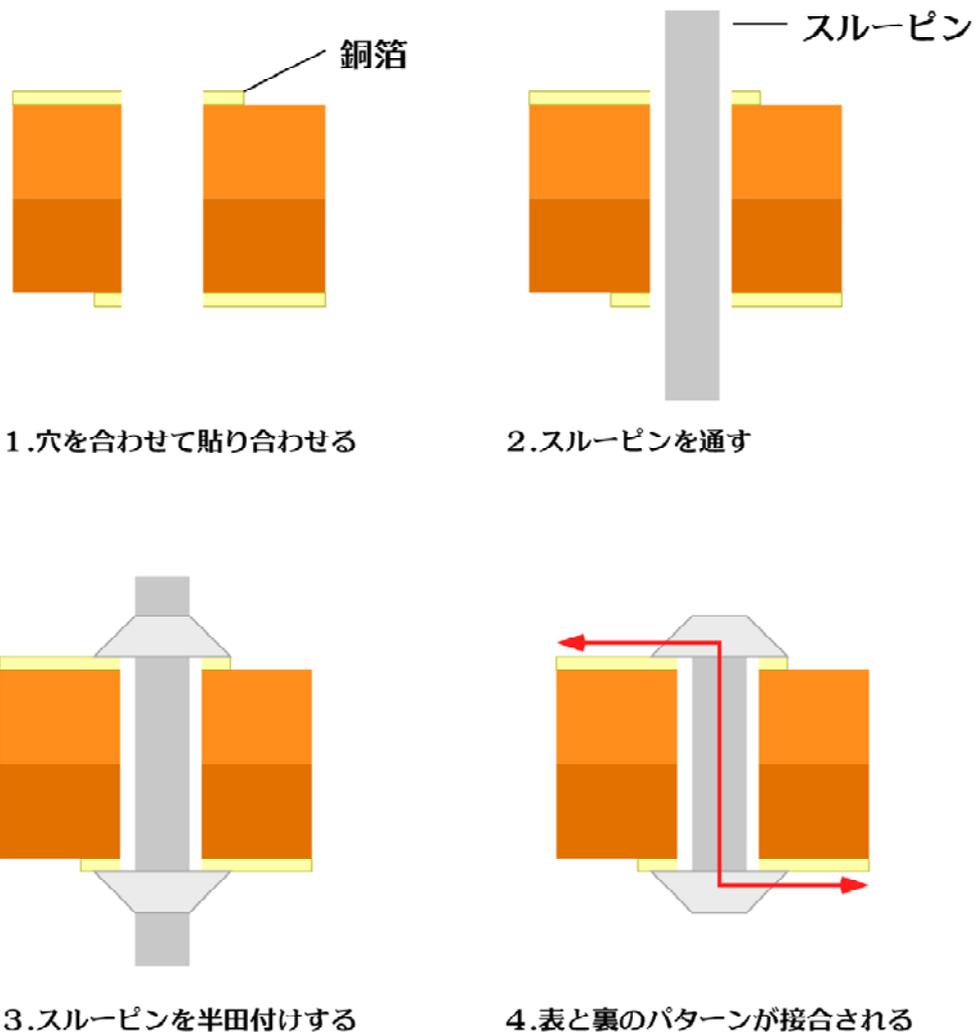
少々であるなら部品面にジャンパー線をかける設計で解決できますがその数が多くなってくると二層基板がどうしても必要になってきます。

貼り合わせ 2 層

自作基板で二層を作るといって一般的には両面銅箔板を両面ともエッチングなりの加工をして使うことをしていました。両面銅箔板加工だと、表の加工と裏の加工で厳密に座標あわせをしないとビアの穴位置がずれてしまうという問題点があります。

その穴ずれは CNC フライスでのプリント基板加工でも同じ話であり、G-Code 生成時の原点合わせや素材をひっくり返す際の原点合わせなど注意をしなければいけない場面がたくさんあります。簡単に言うと難しいのですね。

ひっくり返して両面加工というのを避けつつ、CNC フライスならでは二層配線の方法として加工した片面基板を 2 枚貼り合わせるという手法があります。



表の板と裏の板をそれぞれ別に作成し、双方をつなぐビア部分をスズメッキ線等のスルーピンを半田付けすることで接続するという作戦ですね。たくさんあるジャンパー線をプリント基板で代替するといったイメージの方が近いかもしれません。スルーピンを設置するビアがたくさんあっても、穴が厳密でずれることが無いというのが CNC フライスならではのメリットですね。手作業穴あけのエッチング法ではこうはいきません。

基板を貼り合わせるので当然厚さは二倍になります。

通常 1.6mm 厚の銅箔板を使っているので貼り合わせたら倍の 3.2mm です。

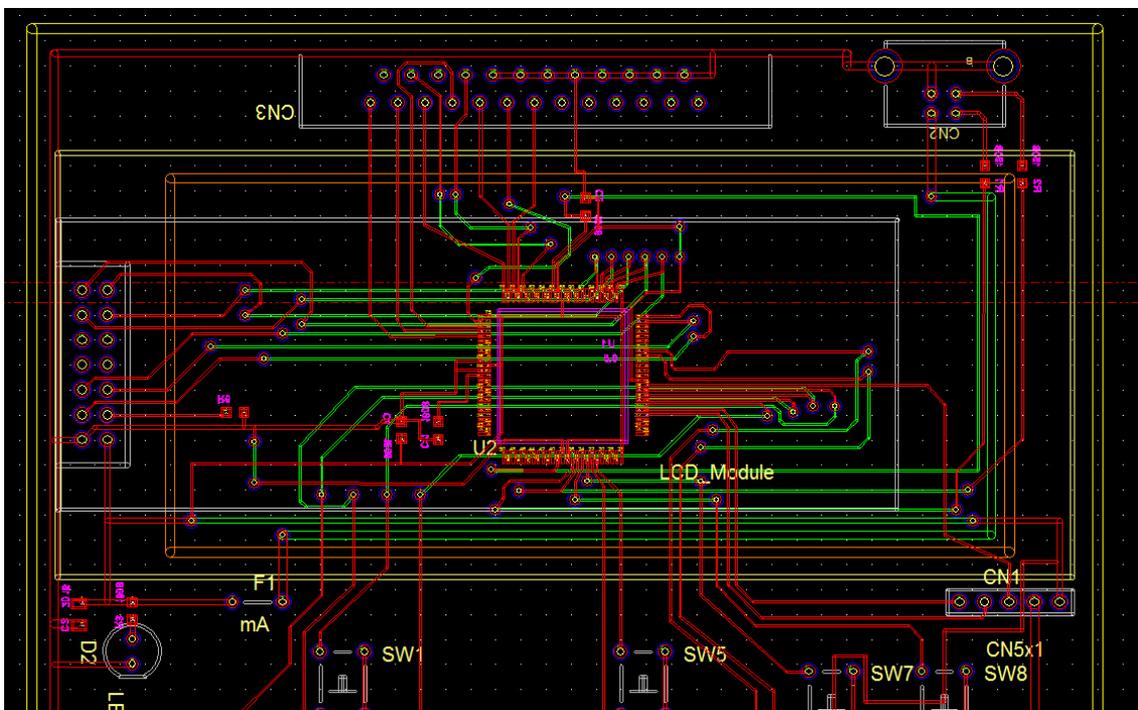
これは厚すぎるというので半分の厚さである 0.8mm 厚の銅箔板も売られています。ぱっと見良さそうなのですが、0.8mm 板は薄いため容易に反りが生じます。そのため扱いに注意が必要ですし、両面テープでテーブルに固定した後剥がすのにもそれなりの注意を払います。力をかけると曲がったり割れたりしてしまうんですね。

なので 0.8mm は使いどころを考えて、あまり厚さを問わない通常の工作では 1.6mm 厚のまますすめる方が楽でやり良いです。

プリント会社製作会社に依頼して正式な二層基板を製造してもらおうと、ビア(基板の穴)部分は銅箔メッキしてくれてそこはスルーホールになります。自作基板だとこのスルーホールができないのであくまで制限付きの簡易二層基板でしかないのは、制限と言えるでしょう。

ですがそれでもある程度の二層実装ができるだけで自作の可能性がゲンと広がります。

設計



簡易二層を作るにしろ、片面基板でジャンパー線を設計するにしろ基板 CAD 上での設計は二層プリント基板の設計と変わりはありません。これまで半田面だけで配線していたところを、部品面にも配線する形になります。

大抵の基板 CAD では配線途中での配線面(レイヤー)変更は一発できるようになっていますし、その際にビアを設置してランドと穴の設定をするようにもなっていると思います。それを利用してガンガン配線をしていきます。

部品穴としてのビアは通常よく使う所として 0.8mm とか 1.0mm とかですが、二層配線の際の信号用ビアは通常それより小さく設定されます。0.5mm あたりが一般的な様です。

基板製作会社に依頼するときはそれでも良いのですが、今回実作するにあたりその配線用ビアにスルーピンを刺して半田付けするという目的があります。手半田を行

うのでランドが小さいと半田付けが難しくなっていきます。

個人的な経験では 0.4mm はもう半田付けが無理で、0.5mm ならなんとかできる範疇、0.6mm は容易にできるといったところかと。0.5mm 以下はちょっと気を抜くとランドから半田がはみ出してブリッジしてしまいます。

なので、配線時の貫通ビアは 0.6mm に設定しておくことをお勧めします。

ガーバー出力をする際は、裏面と表面でそれぞれ別に行ってください。

裏面は反転させ、表面は反転させないというのを忘れないでくださいね。

表と裏、2つの切り抜き外周

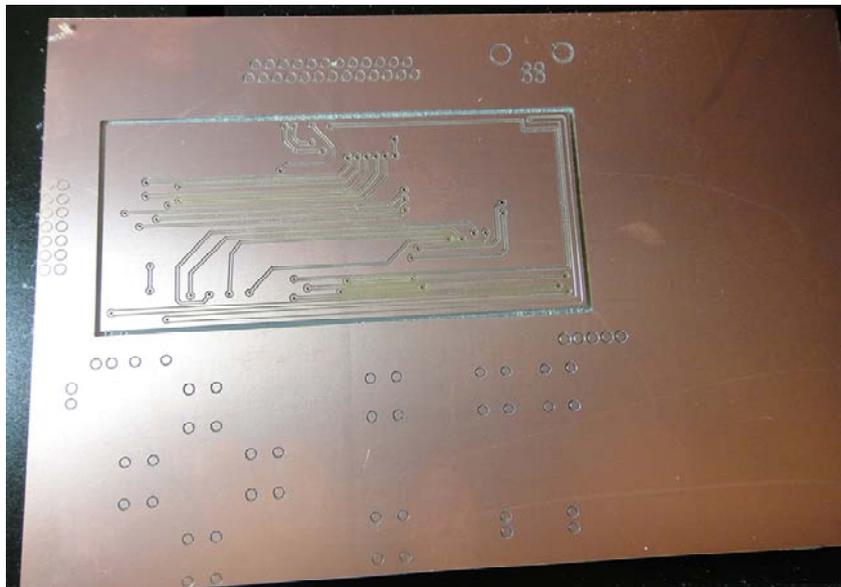
貼り合わせ法は 2 枚の片面基板を貼り合わせて簡易二層とする方法なので、二層基板のイメージとして同じサイズを貼り合わせるといったことが連想されると思います。

それは確かにその通りで同じサイズなら設計も容易なのですが、表面を「ジャンパーのかわり」と考えた場合特に同サイズにこだわる必要もないのです。

部品面のジャンパー配線が特定のエリアに押し込めることができ一部分だけで済むならばその部分のみを貼り合わせ基板とすることもできます。

その場合、裏面(半田面)と表面(部品面)で異なる切り抜き外形情報が必要になります。

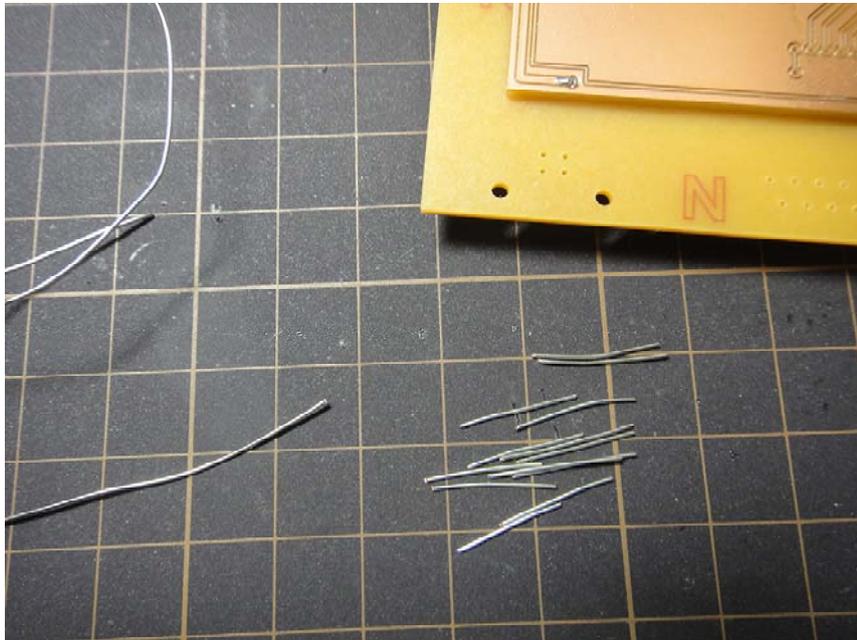
通常的外形とは別のレイヤーに表面の切り抜き外形を作成し、それをガーバー出力の際に指定して出力します。



この手法をつかうと表面は小さく加工できるので素材である銅箔板の消費をセーブできそうですけれども、実際は切削エリア外のランドに付いてもパターンをほったりしてしまうので結局は最大外径サイズ分の素材を消費してしまいます。

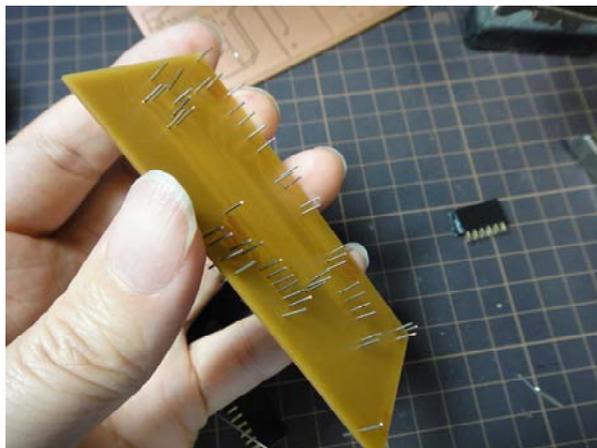
なかなかうまくいかないものです。

スルーピン

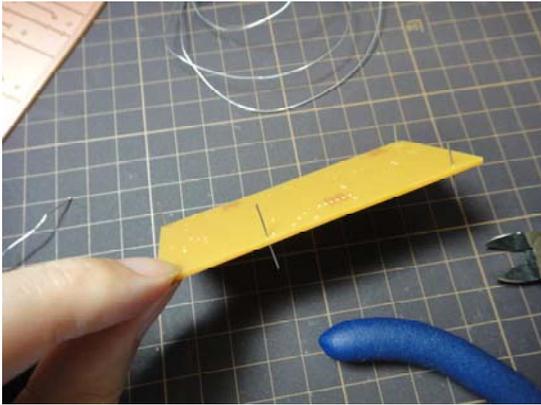


実装時のお話。

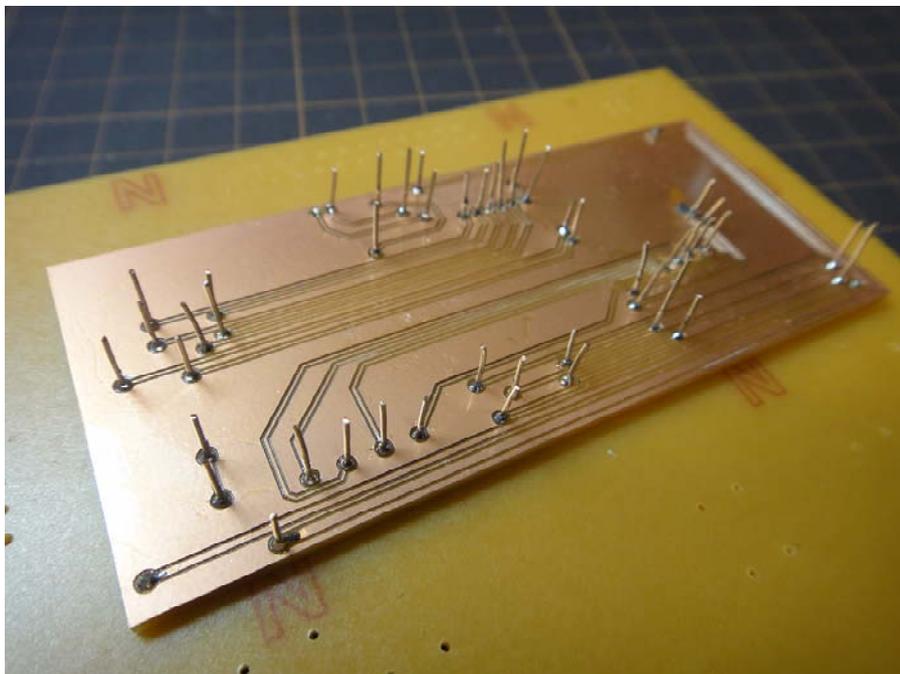
貼り合わせた後、0.6mm サイズの信号ビアに 0.4mm ~ 0.5mm のスズメッキ線を適度な長さに切って差し込み両面でランドに半田付けしていきます。



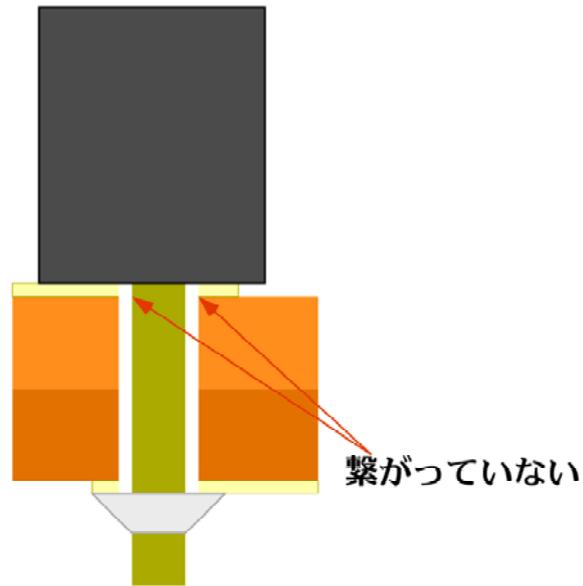
最初に片面にわーっとスズメッキ線を付けてしまうと反対側に通せなくなってしまいます。当たり前ですが。失敗例。



できるだけ外周や角に近いところ 4カ所にスズメッキ線を半田付けした後貼り合わせて固定、その後内部を実装していく形が良いのではないかと思います。



このスルーピンの配線が地味に面倒です。
もともと被服線の皮むきと配線が面倒でプリント基板作成を始めたはずなのに、同じような手間をちまちまと……。
二層配線基板が自作できるという喜びに変えるものはないのですが、それでも面倒なのは事実なのでスルーピンの数はできるだけ減らす方向での設計をされることをお勧めします。



コネクタなどは半田面で半田付けできるが
部品面側のパターンに半田付けすることができない

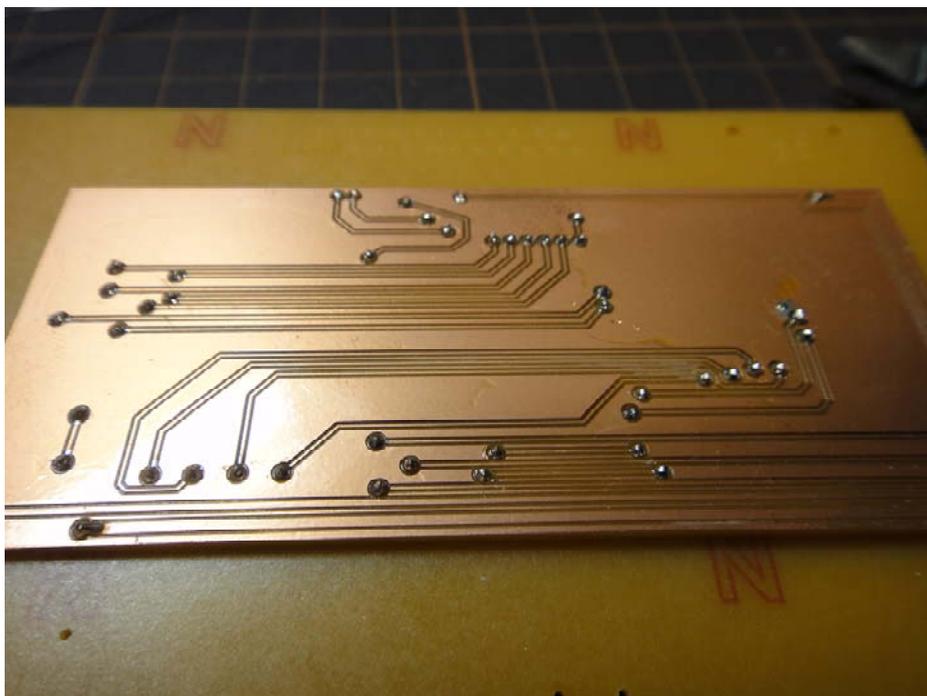
簡易二層方式ではスルーホールメッキでは無く、スルーピンにて両面の信号をつなぎます。

そのため、コネクタなど部品面に半田付けができない場合はビアであっても両面に信号を通すことができません。コネクタは半田面で半田付けができますので、片面のみ接続配線することはできます。

コネクタや DIP 部品については片面を想定して、信号については片面に集中させることとなります。

信号線を全て部品面に持ってくれば半田面にコネクタを実装することもできるわけですね。

完成



簡易的ではありますが二層配線のプリント基板が自作できました。
自作プリント基板でフラットパッケージのマイコンを扱うことができるようになりますが、QFP48ピン以上のものになると片面基板では実装しきれなくなってきます。是非とも簡易貼り合わせによる二層配線を自作して、あなたの電子工作の可能性を広げてみてください。