

チップ部品でも怖くない

「基板から作る小型キーヤーの制作」

2023.12.9

JARL長野県支部 地区研修会

はじめに

- ・自作をやりたいけど最近ではチップ部品ばかりでハンダ付けがちょっと...
- ・基板を作りたいけどちょっと...
- ・いざCADをインストールしたけど手順がちょっと...

そんな「ちょっと」を簡単に説明します

+ 自作でも回路でちょっと気をつけたいポイント?



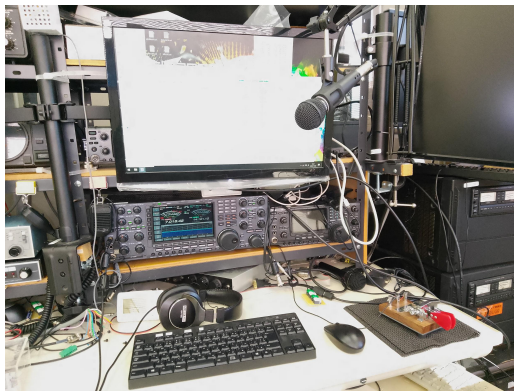
自己紹介

コールサイン: JG0LGQ (1992年開局)

資格: 第一級アマチュア無線技士・第一級陸上無線技術士

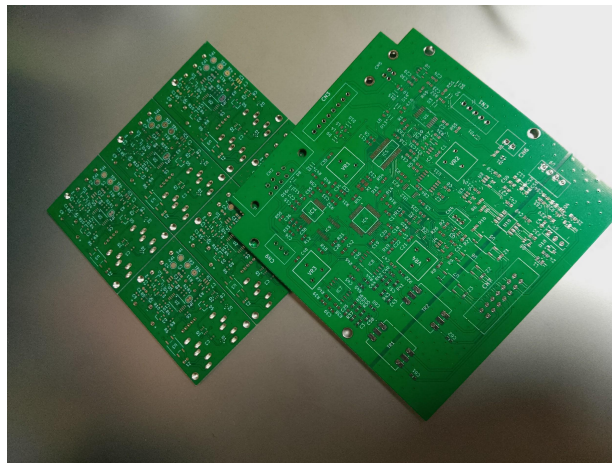
※総合・海上(1~3級)・航空の各通信士は英語試験で挫折しました orz

本業: 技術屋



プリント基板が出来るまで

1. 回路図作成
2. ネットリスト生成
3. 基板アートワーク(面付け)
4. ガーバーデータ作成
5. PCBメーカーへ発注
6. 完成 丶(´ー`)/



今の人気は『KiCAD』???

「KiCad」とはオープンソース・ソフトウェアとして配布している

『無償』の統合型電子回路設計CAD

<https://www.kicad.org/>

おそらく今一番人気で使われている？

解説書籍も個人Webも多い。

※あくまでも個人的な感想です



その他の電子回路設計CAD

・DESIGNSPARK

基本無償。部品商社 RS Components が提供

・Eagle

昔は無償だった。今は Fusion360 に統合。

・Altium Designer

有償。月額課金のサブスクリプション方式

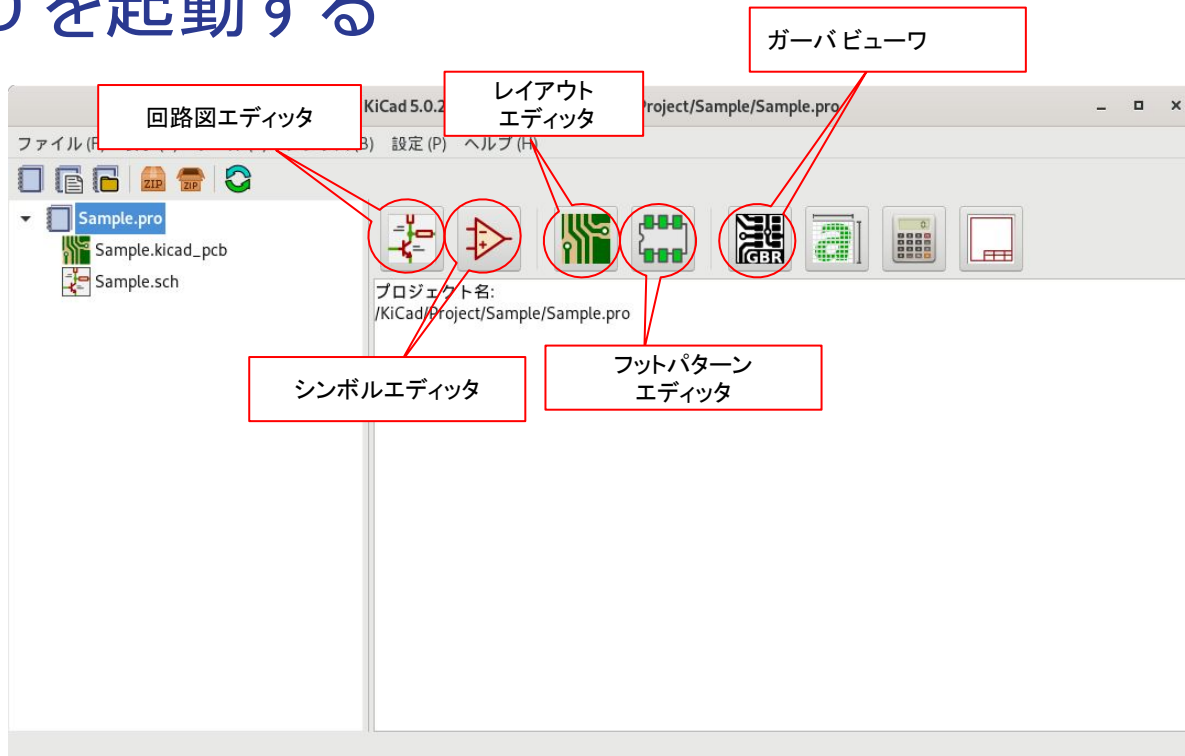
・CR8000

国産有償CAD。導入に約4桁万円～。

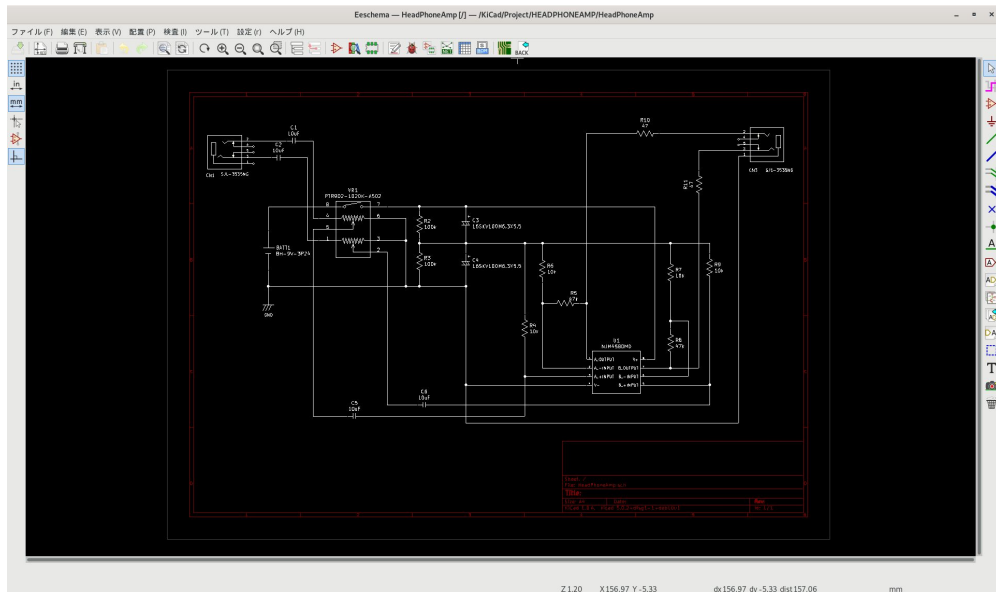
本業で使ってみたけど A/W CAD は使い難い(慣れていないのもあるけど...)



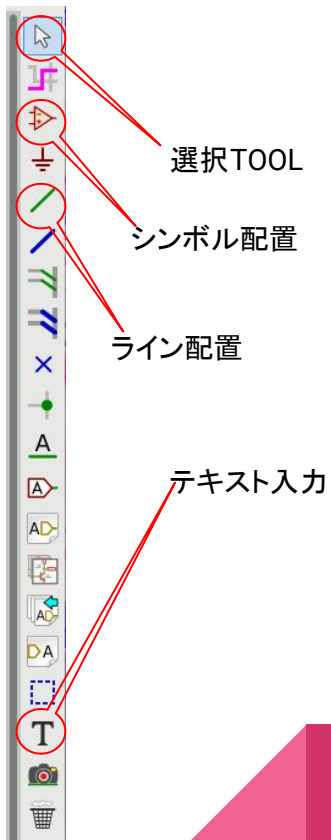
KiCAD を起動する



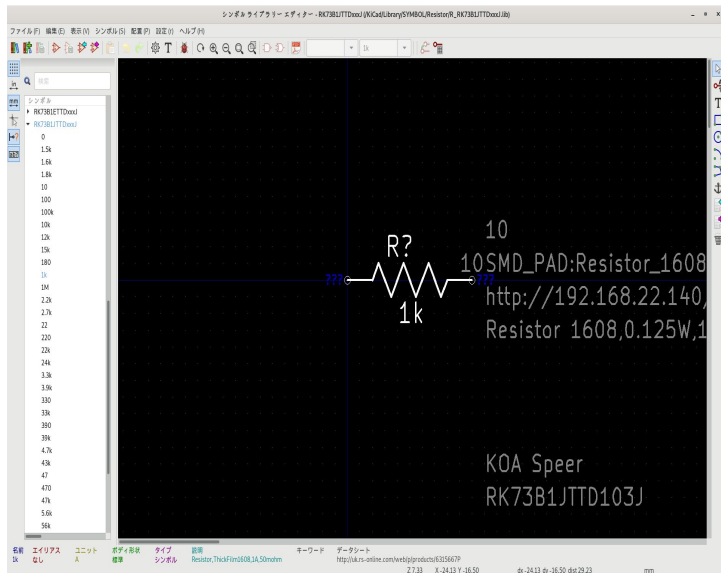
回路図を書く



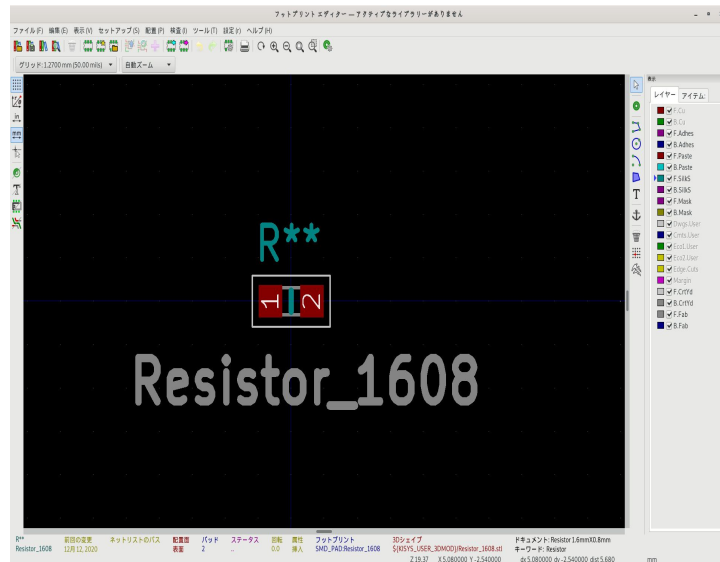
※使うツールは基本的に4つだけ



無いパーツはシンボルエディタで作成



・パーツシンボルを作成する
『シンボルエディタ』



・フットプリントパターンを作成する
『フットプリントエディタ』

シンボルもフットパターンも作るの面倒くさい

- ・最近ではデバイスメーカーのwebにデータシートの他に、
各種回路図エディッタに対応したシンボルや推奨パットパターン、
デバイスの3Dデータを提供している場合がある
- ・Ultra Librarian他のライブラリ無償提供会社からD/Lする
=>東芝セミコン、アナデバ、NXP等Ultra Librarianと連携しているメーカーもある
<https://www.ultralibrarian.com/>
- ・秋月電子で扱っている部品をライブラリ化して有志が公開している
<https://github.com/ciniml/kicad-libs-akiduki/>

アートワークの下準備

- ・発注先の基板メーカーのデザインルール(製造仕様)を確認

- ①「セットアップ」→「デザインルール」に基本情報を入力

- ②「検査」→「デザインルールチェッカー」

※配線間隔が狭すぎたりすると別料金が必要な可能性がある

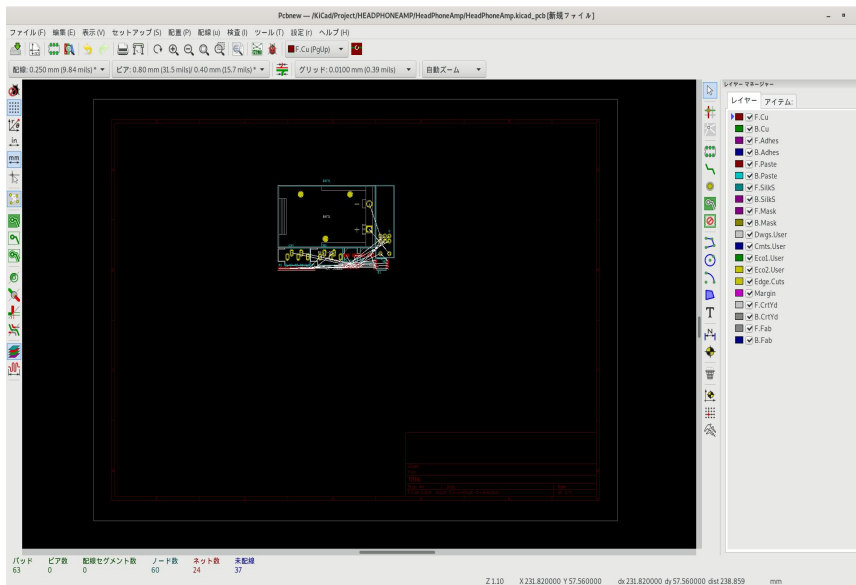
- ・回路が引き終わったらネットリストを出力してアートワークの下準備をする

「ツール」→「ネットリストファイルを作成」

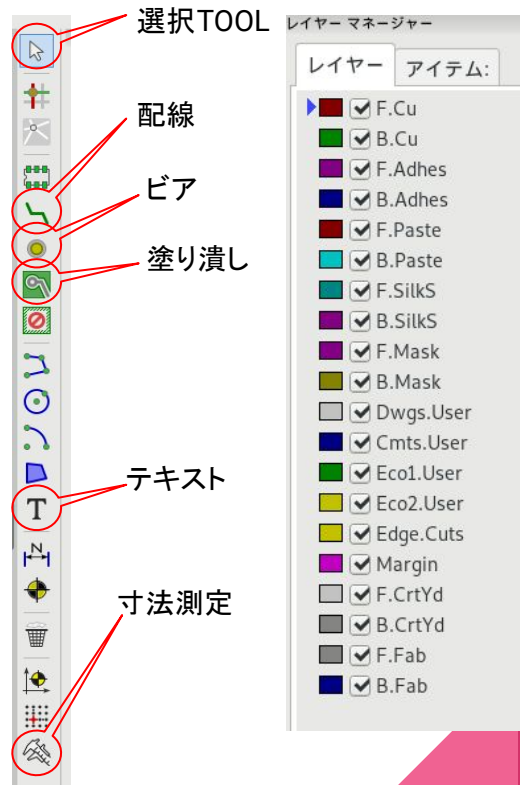
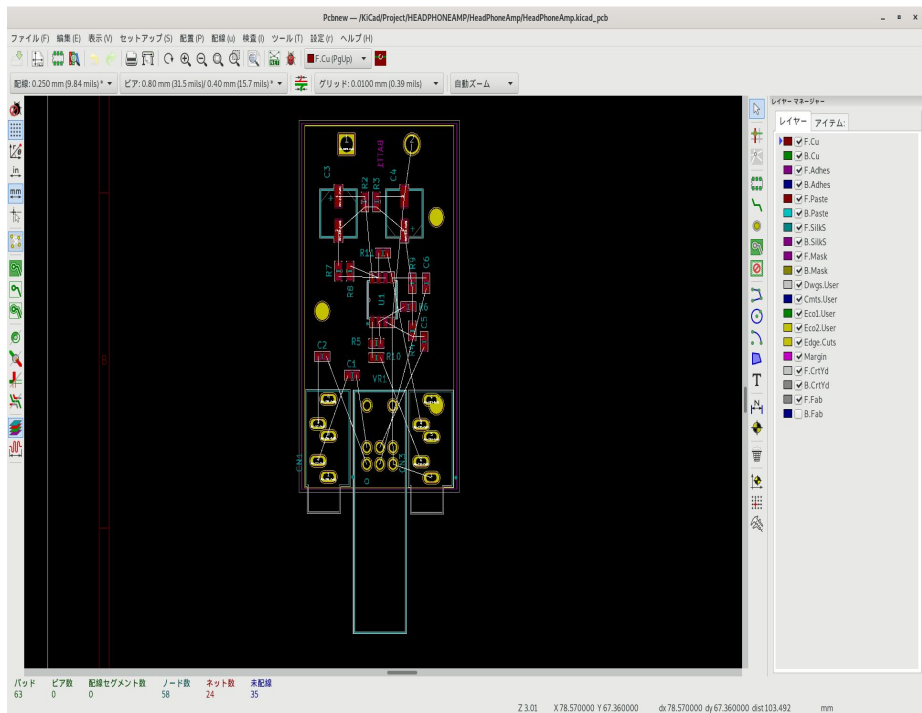


基板に配線する

- ・「ツール」→「ネットリストをロード」



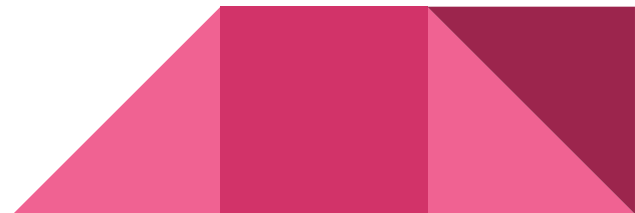
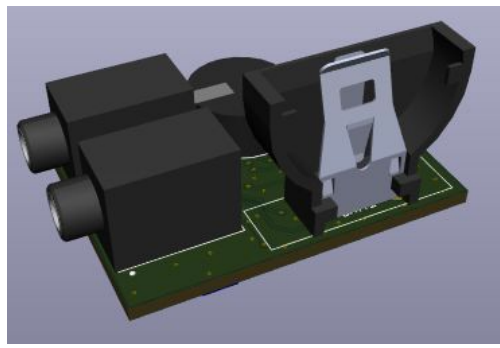
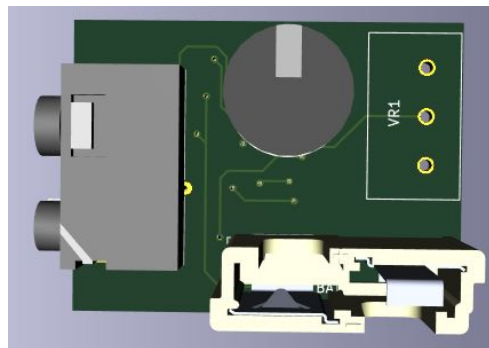
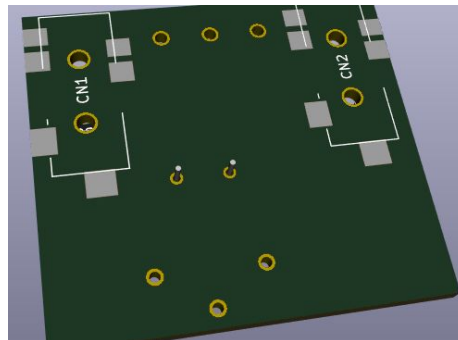
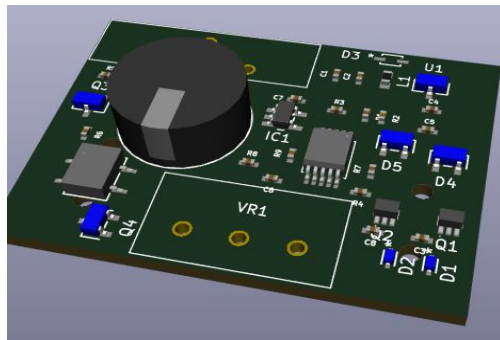
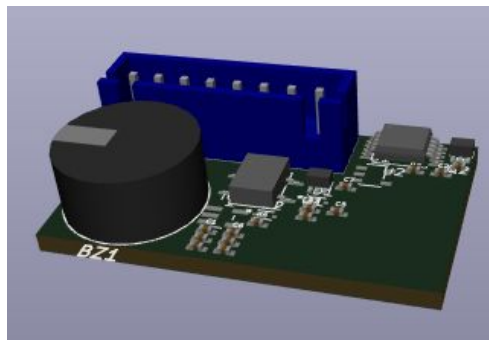
配線作業



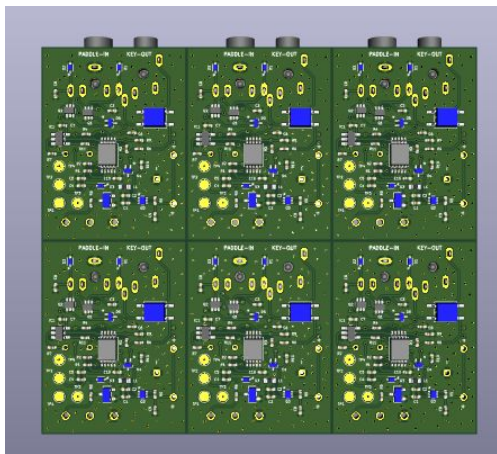
・レイヤー(層)によって配線先が違って来る。

Simple Keyer 部品配置の変貌

- 「表示」→「3Dビューアー」で部品の配置状態を3Dで確認出来る



複数の基板を1枚に(面付)



・面付とは複数の基板パターンを1枚の基板に配置する事。

メリットとしては基板1枚当りの単価を下げる事が出来る。

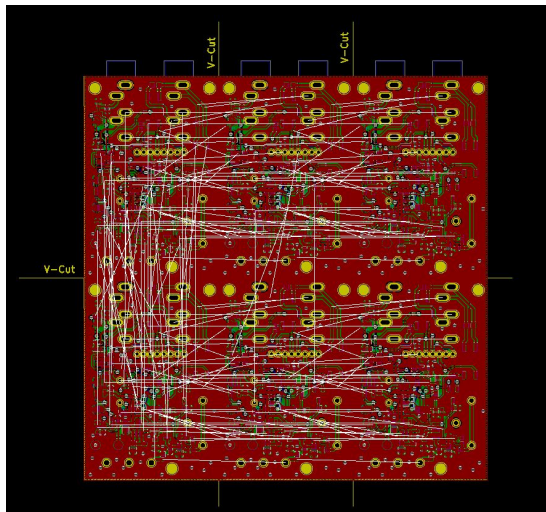
例えば今回のキーヤの場合、

30mm * 45mm * 1枚 = \$0.49 (約74円)

30mm * 45mm * 6枚 = \$0.08 (約12円)

※FusionPCBへ10枚発注。\$1 = 150円換算

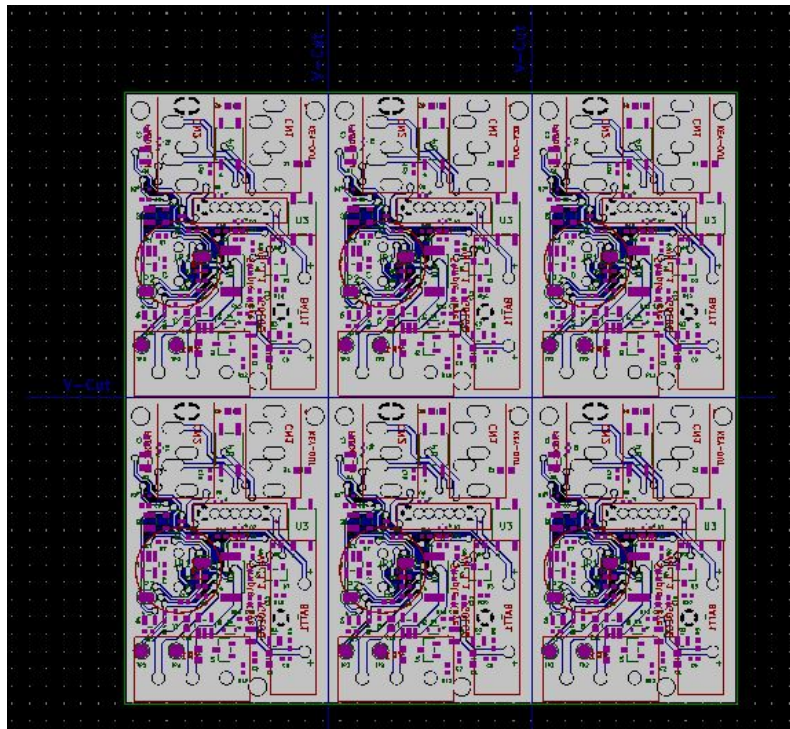
基板を分割する溝「Vカット」



基板を分割する為に入れる溝(Vカット)の指示はコメントにて指示する。

基板分割指示には他にスリット指示もある。

ガーバーデータとして必要なファイル



- ①各層のパターン
- ②表裏のはんだレジスト
- ③表裏のシルク印刷パターン
- ④基板外形
- ⑤穴データ

ガーバーデータを出力する

①「ファイル(F)」=>「プロット」

②「製造ファイル出力」ウィンドが開く

③「出力ディレクトリ」に

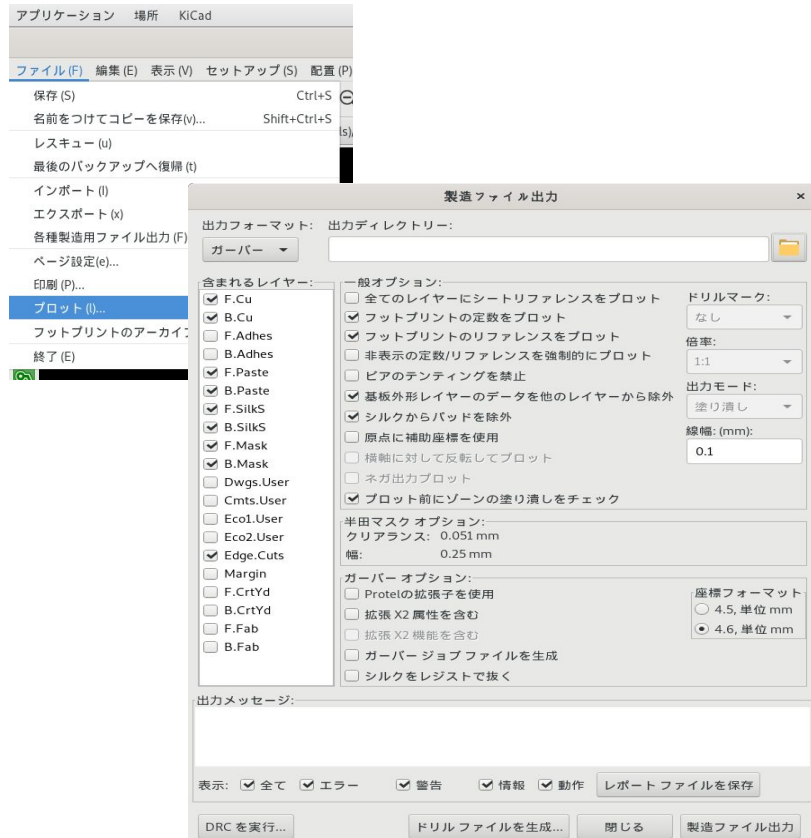
ファイル出力先を指定する

※「Gerber」等がわかりやすくて良い

④「ドリルファイルを生成」を押す

⑤出力レイヤを選択して

「製造ファイル出力」を押す



ドリル(穴位置 & サイズ)データの出力

穴の位置やサイズが記載された「ドリルデータ」は別で作る。

⇒穴あけ工程は使用するマシニング機械である事に由来。なのでデータフォーマットがCAMで使われる「Excellon」フォーマットで別ファイルとして出力するのが一般的



基板メーカーの金額比較

会社名	基本料金 (100*100mm 2層10枚)	送料 (DHL)	支払い (PayPal)	日本語web	その他
Fusion PCB	\$4.9	\$22.35	○	○	
PCBWay	\$5.0	\$15.65	○	○	
PCBgogo	\$5.0	\$20.0	○	○	
Elecrow	\$4.9		×	×	異種面付無料?
JLC PCB	\$5.0	\$14.4	○	△	Vカット有料。 標準サイズ外&多層が安い。 早い(DATA入稿から4営業日(DHL)で着)。 3Dプリントも安い

基板を発注してみよう ①

基本料金に収めるには?(FusionPCBの場合)

- ・材質:FR-4
- ・サイズ:100mm×100mm
- ・層数:1層 or 2層
- ・異種面付:1
- ・最大枚数:10枚
- ・板厚:1.0 or 1.2 or 1.6mm
- ・表面処理:有鉛半田レベラ
- ・最小パターン幅:6/6 mill

※メタルマスク:\$14.8

The screenshot shows the FusionPCB website interface for configuring a PCB order. The main configuration area includes:

- Material:** FR-4 TG130
- Layers:** 1層 (1 layer)
- Size:** 100 mm x 100 mm
- Lead time:** 10 days
- Thickness:** 1.6 mm
- Surface finish:** HASL (有鉛半田レベラー)
- Minimum pattern width:** 0.3mm
- Minimum drill diameter:** 0.3mm
- Minimum annular ring:** あり (あり)
- Minimum plating:** あり (あり)

On the right side, a summary table lists the following details:

材質	FR-4 TG130
層数	1層
寸法	100.00 mm × 100.00mm
異種面付の種別	1
製造枚数	10
板厚	1.6mm
レジスト色	緑
最小のシルドーマスクスタッド	0.4mm
表面処理	HASL (有鉛半田レベラー)
銅厚	1oz
最小穴径	0.3mm
銅張スルーホール	なし
最小パターン幅(パターン間隔)	0/6 mil
インピーダンス制御	なし

At the bottom right, the price summary is shown:

- 小計: USD\$4.90
- 参考価格 (日本円) (注): ¥732.84
- 生産時期 (日): 3-4 生産日数
- 重量: 0.37kg
- 出荷: チェックアウト時に計算

A green button labeled "カートに入れる" (Add to cart) is visible at the bottom right of the configuration area.

基板を発注してみよう ②

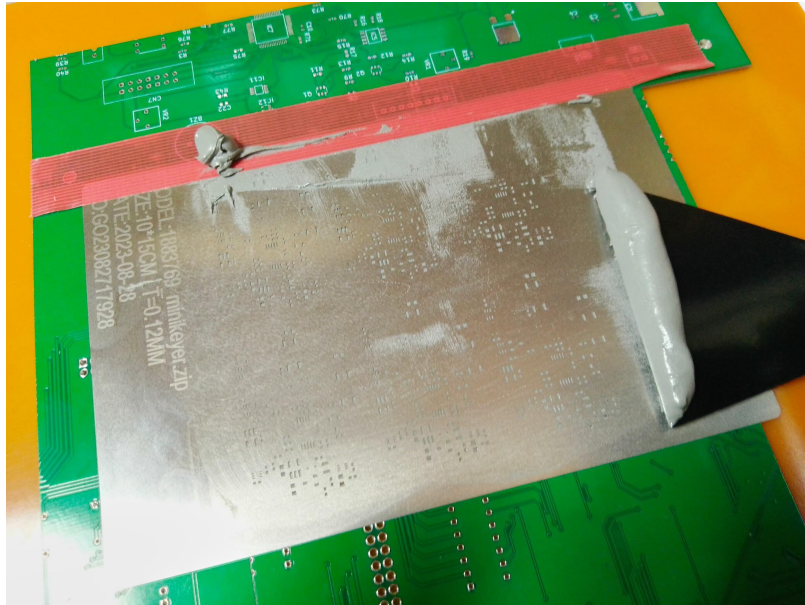
- ・作成したガーバーデータ全てを「ZIP」形式で圧縮
- ・メーカ発注webへデータをアップロード
- ・あとは一般的なECサイトと同じ様に支払いをする
- ・データに不備がなければ数時間後には製造工程へ。

翌日には製造完了、出荷。

早ければ1週間程度でお手元に



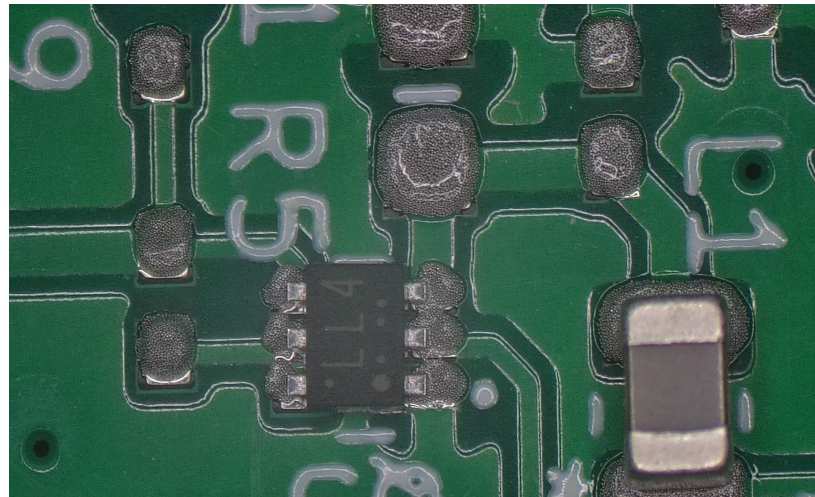
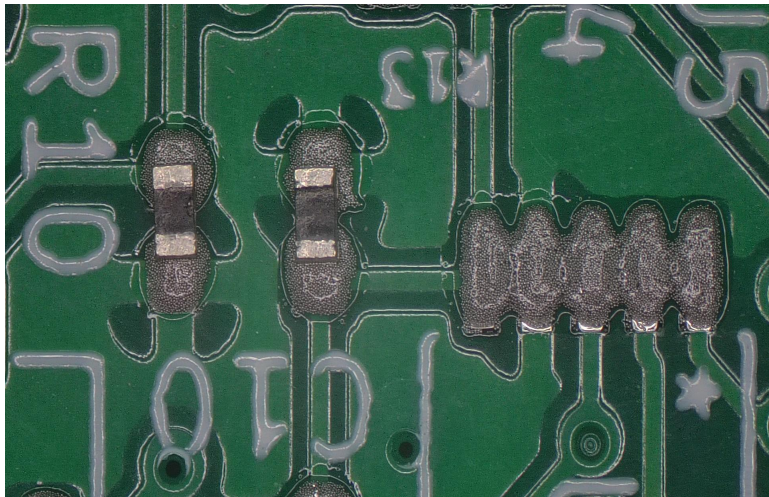
クリームはんだを印刷



昔のガリ版印刷の要領で基板のとメタルマスクの開口部の位置を合わせてスクレーパーを使って半田を載せる。
※期限切れのクレジットカードがFB



部品を載せる



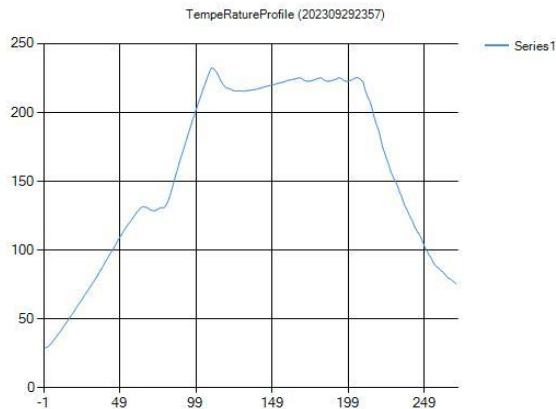
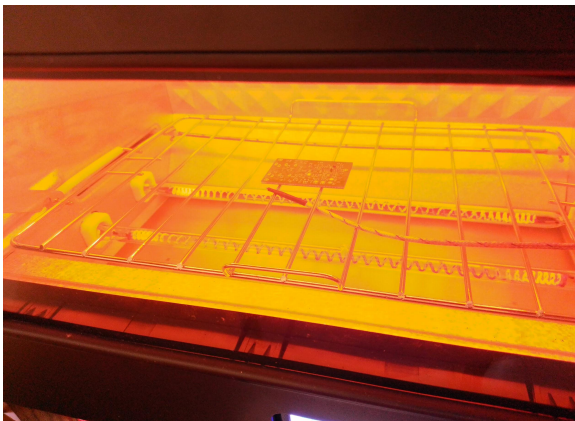
・この時点での多少のハンダブリッジや多少の実装位置ズレは気にしない !!!

オーブントースターで焼く???

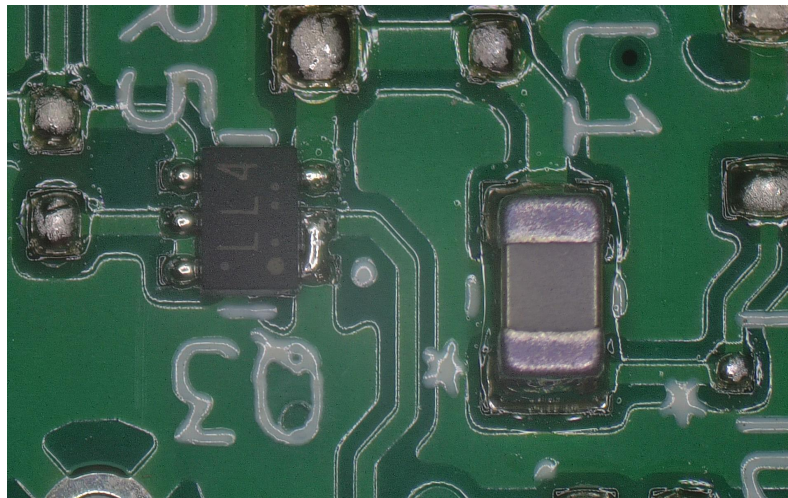
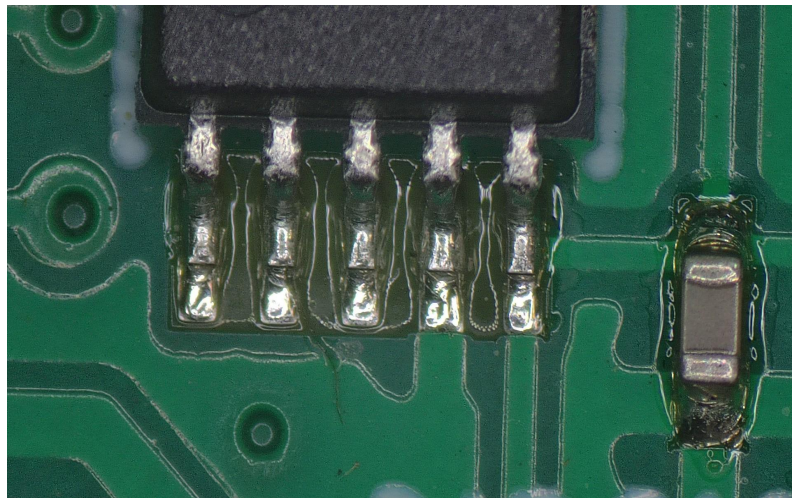
- ・リフローによるハンダ付けは「温度」と「時間」でコントロール出来る ?!
=>トースターを改造してリフロー炉にしておしまおう !!!!

<https://mag.switch-science.com/2013/10/15/toaster-controller/>

公開されている回路図とF/Wをちょっと改造して使用
※温度プロファイル取得用のシリアル通信機能他



2分ちょっとでこんがり?と焼き上がり



ハンダ印刷時にブリッジしていたり、
実装時に部品が曲がっていてもフラックスや
温度の低い方(GND)等に引っ張られて
なんかいい感じに仕上がるw

【雑談】コテ先は大きい方が良い？

小さな部品をハンダ付けするなら小手先は『小さい』方が良い

そう思っていた時代がありました...

実は『大きい』コテ先を使った方が熱の回りが良く

QFPなんかも簡単に付けられるんです!!!!



小型キーヤーを作ってみよう

設計する上で目標を立てる

①とにかく小さく。しかし、操作性は犠牲にしない。

(ボリュームサイズや電池交換)

②せっかく作るなら頒布を考える。

・部品費のみでワンコイン。でも技術は安売りしない(少しでも利益欲しいなあw)

③何かしらの付加価値?

・他人の制作例で気になったところを修正(静電気対策他)



静電気による破壊の対策

- ・静電気保護用のダイオードを追加するだけで問題は解決する。
さらにマイコンのポートと直接接続せず、
トランジスタでバッファしてトランジスタがお亡くなりになる様にした。
静電気試験機にて耐静電気性能を試験。

±8kV以上の耐圧を確認(実力12kV)

※冬場「バチッ」とくるのが約±3kV



電源スイッチが無いじゃん!!!

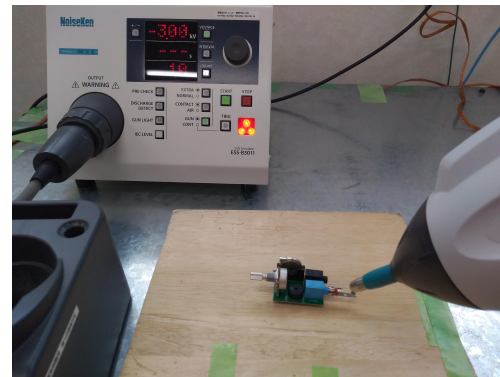
・電源スイッチが無いのに暗電流が1uA以下。

- ① PチャンネルFETをスイッチ代わりにしてパドル操作でGateがON。
- ② マイコンが動き始めたらマイコンのポートを使ってその状態を保持。
- ③ パドル操作がなくなり約10秒後にマイコンポートが保持状態を止める
- ④ 電源が切れる 丶(´ー`)ノ

他人の頒布品と違う事をしたい!!!

他人と違う事をしたかったのでいわゆる環境試験を軽くやってみた

- ・熱衝撃試験
- ・温湿度サイクル試験
- ・静電気試験
- ・強電界試験



【失敗】その1

・小型化する為に電源をコイン電池(CR2032)1個に。

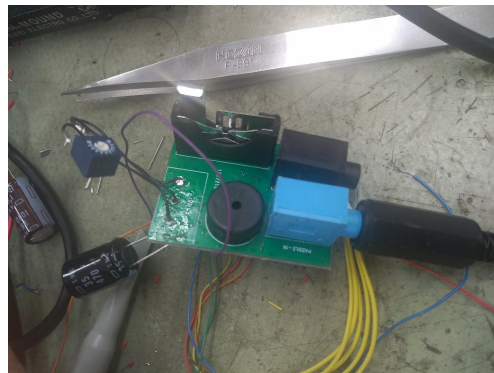
そのCR2032の電力を最後まで搾り出そう(負荷時約1.9Vまで動作)と3.3Vに昇圧したところ、DC-DCコンバータICの発振ノイズが圧電ブザーに回り込んでしまった。

これを抑えるには平滑用に1000uF以上の大容量コンデンサが必要と判明。

それでは小型化にならない... orz

【解決策】

L.D.Oを追加して3.3Vから再び3.0Vに降圧

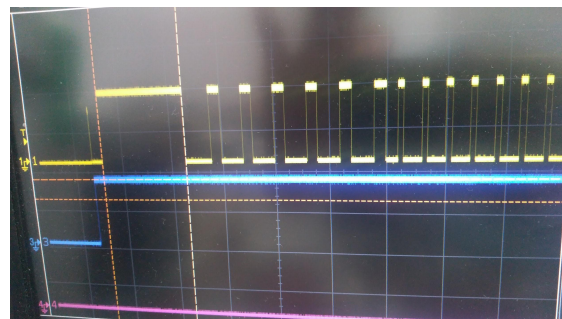


【失敗】その2

- ・電源OFF状態からのマイコンの起動、立ち上がりが遅い
回路全体の電流を抑えようと分圧抵抗を1M Ω と高い値にした為、
A/Dの入カインピーダンスが大きくなってしまった。
その為A/Dコンバータのサンプリング・コンデンサに充電する際に
電流があまり流れなくなる。=充電時間が長くなる!!!

【結論】

データシートはちゃんと読みましょう（滝汗）



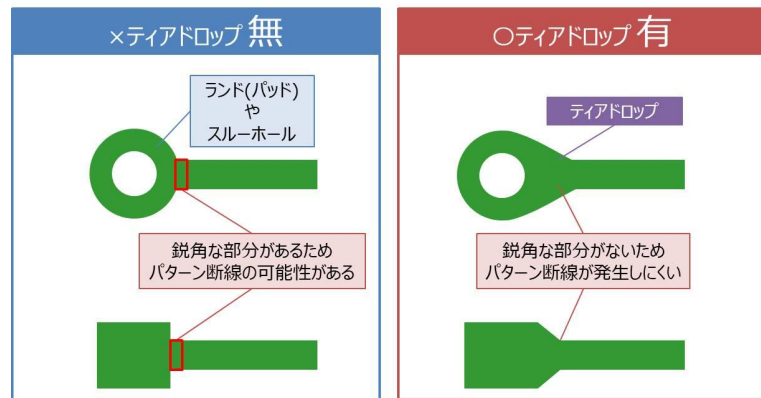
【失敗】その3

DIP部品、特にボリューム取り付け用のスルーホールからの配線が細すぎてボリュームを動かした際のストレスでパターンが切れた。

・本来は「ティアドロップ」にて配線を引き出すのが一般的

KiCAD Ver.5系では別途プラグインが必要。

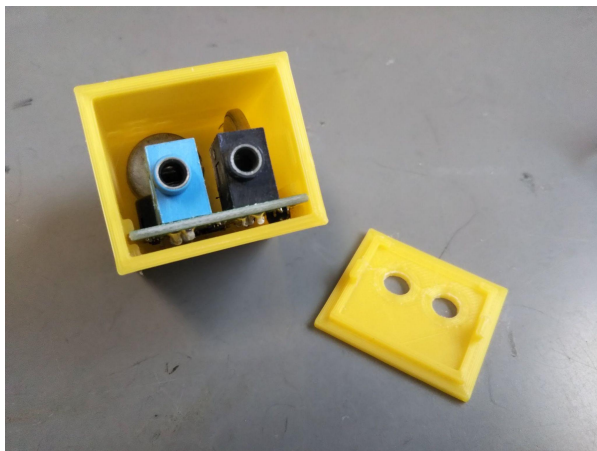
Linux版だと上手く動かなかったなので配線パターンを太くして対応。



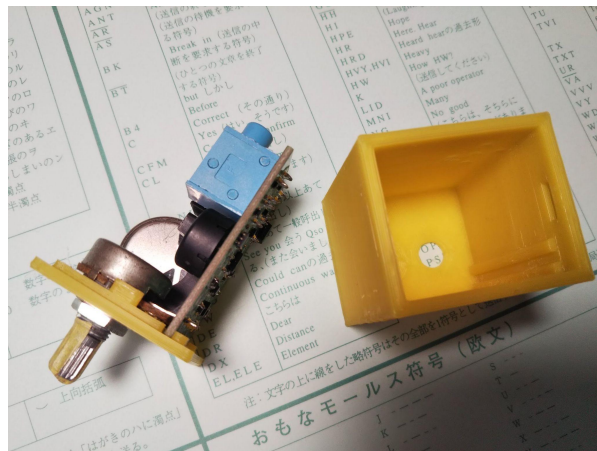
ケースを設計してもらったものの...

試作品評価をお願いしたJM2FCJ氏がデザイン。

しかし最初のデザイン案は...



修正前



修正後

最後に...

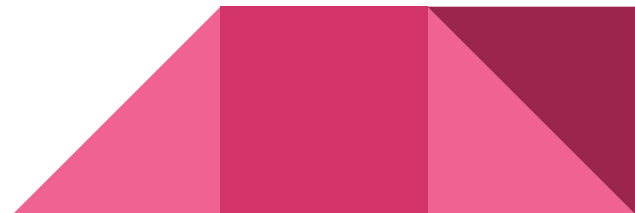
1月頃から下記アドレスにて頒布予定です

<https://ur5nn09h.booth.pm/>

※予定頒布価格:2k円

せめてイニシャル費くらいは回収したいので、

気に入ったらSNS等で宣伝してください。◦◦(ノД`◦◦。



Special Thanks!!!

試作品モニターにご協力いただきました各局には
この場をお借りして御礼申し上げます。

JH0RNN JP1QYO JI0VWL JI0WVQ JK2XXK JM2FCJ

JG1WBB JA0IXW JH0WJF JR0BAQ JA0FVU（敬称略・順不同）

またJM2FCJにおきましてはケースデータを作成していただき、
重ねて御礼申し上げます