

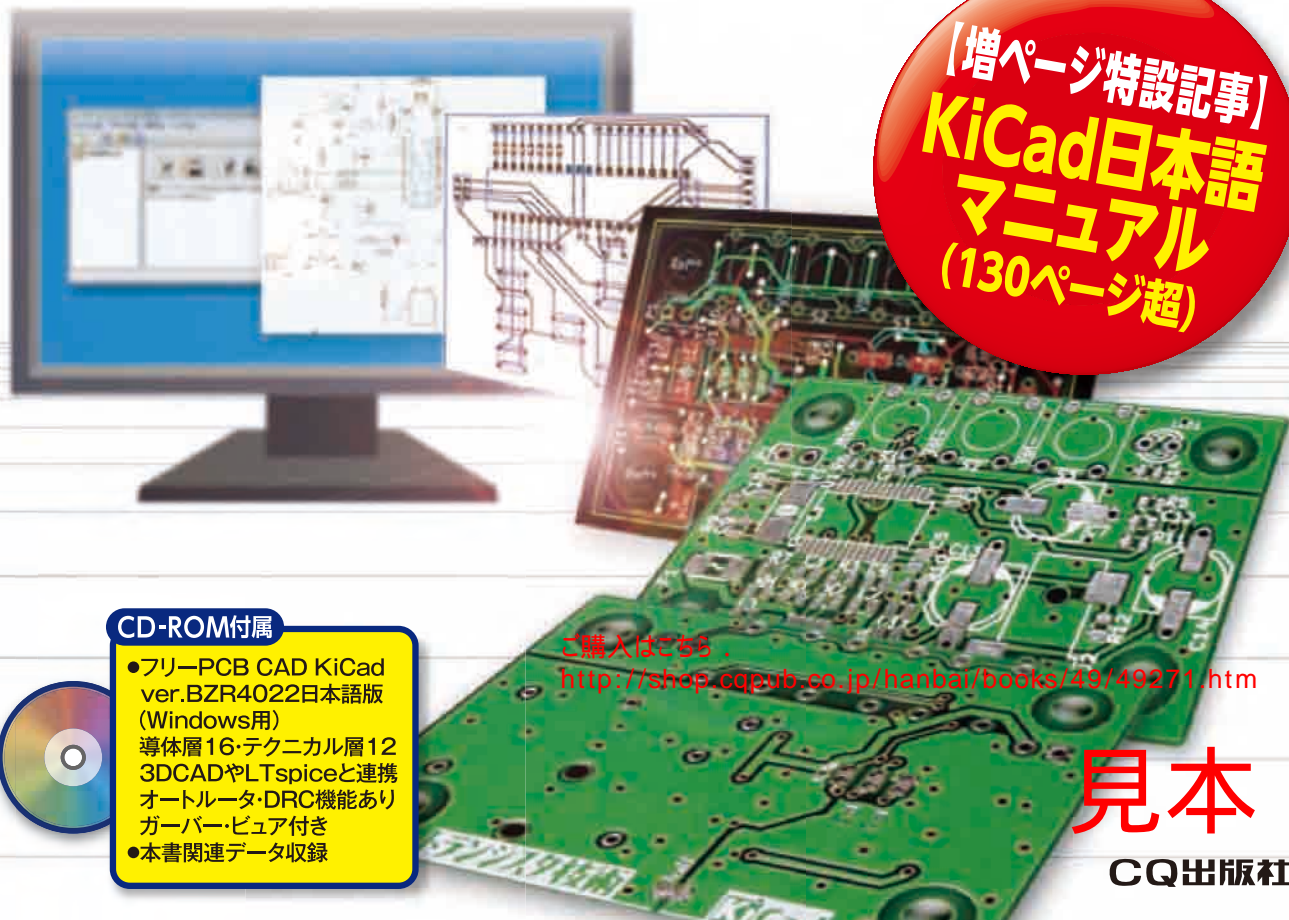
次世代のエレクトロニクスを作る

2014  
Summer  
No.127

# トランジスタ技術 SPECIAL

商用利用もできる無制限ツールでメーカー顔負けのモノ作りに挑戦

## 一人で始めるプリント基板作り [完全フリーKiCad付き]



**【増ページ特設記事】  
KiCad日本語  
マニュアル  
(130ページ超)**

### CD-ROM付属

- フリーPCB CAD KiCad ver.BZR4022日本語版 (Windows用)  
導体層16・テクニカル層12  
3DCADやLTspiceと連携  
オートルータ・DRC機能あり  
ガーバー・ビュー付き
- 本書関連データ収録

ご購入はこちら

<http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/49/49271.htm>

見本

CQ出版社

## Introduction

商用利用もできる無制限ツールで  
メーカー顔負けのモノ作りに挑戦

## 本格基板製作を始めよう

米倉 健太

## 1 はじめに

この本を手にとっただけありがとうございます。「プリント基板を製作する」というかなり専門的な本を手に取り、ページを開いていただけているということは、あなたも相当マニアックな方であるとお見受けします。あなたは、以下のうちのどれかに当てはまる方ではありませんか？

- ① 電子工作の幅を広げたい日曜エンジニア
- ② 電子部品を扱ってまだ日の浅い新米エンジニア
- ③ 電子の流れが見えるスーパー回路基板エンジニア

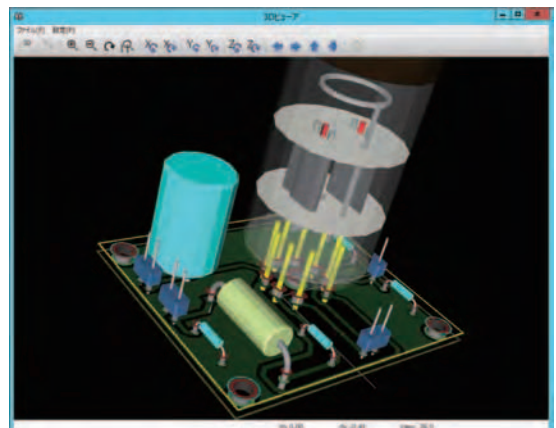
①に当てはまる方には、この本をぜひお勧めしたいです。昔は電子工作と言えば、ユニバーサル基板に手はんだしたり、ブレッドボードに部品を並べたりすることが一般的でしたが、ここ数年の製造技術の普及と価格競争によりプリント基板製造の価格が下落し、個人での発注が容易になりました。プリント基板設計は手はんだに比べて、そこまで難しい技術ではありません。出来上がった基板の見た目がプロっぽくてカッコいいので、ぜひとも習得することをお勧めします。

②に当てはまる方は、この本を読んでおくべきです。業界に入って日も浅いと、毎日が勉強すべきことであふれていると思います。学校で習った回路設計やプログラミングの復習に加え、実務で覚える仕様決めや作業工程と品質の管理など、個々の仕事の結果が一つの製品になります。その中で、製品が持つさまざまな機能をまとめる役割をしているのが基板です。すなわち、基板の作り方を知るということは、現在バラバラに学んでいるさまざまな仕事のまとめ方を知ることになります。この本が、あなたの日々の業務のモチベーションを高められることを願ってやみません。

③に当てはまる方は、おそらく、この本を必要に迫られて手に取ったはずですが、基板の作り方など百も承知であるにも関わらず、この本を手にとったということは、何かしら既存の知識に加えて、KiCadというソフトウェアの知識を収集しておく必要があると、判断されたのだと思います。私には、その深慮の理由は分かりませんが、この本はKiCadというソフトウェアについて、余すところ無く解説した本ですので、きっとご期待に沿えるかと思えます。

さて、①にも②にも③にも当てはまらなかった方、本当にありがとうございます！ この本は、これまであなたのすぐ隣にあって、でも、あなたがこれまで知らなかった世界について、その扉を開ける方法をご紹介します。プリント基板というのは、パソコンやDVDプレーヤ等の家電を分解すると必ず出てくる、緑色(たまに茶色)の板のことです。この板の上には、とても小さな抵抗・コンデンサ・ICなどの部品が電子回路を構成していて、家電というシステムの中で、適切に電力を配分したり実際の動作命令を出したりしている縁の下の方の力持ちです。本書は、その部品の作り方を解説しており、あなたが今後、何かのモノ作りをすることになった場合、きっと必要になる知識です。

近年の“メイカーブーム”と呼ばれる「誰もが自分に合ったモノを手作りする時代」の到来にともない、3Dプリンタや電子工作カフェなどがにわかに脚光を浴びています。この本がそうした時代を下支えできるよう、読者の皆さまの工作スキルの幅を広げることに貢献できれば幸いです。



## 2 本書の構成と学び方

この本の執筆は、ロボットが専門の米倉と、基板ネットワークが専門のつちやの二人がタッグを組んで主に執筆しました。米倉が初級者向けにKiCadを使ったプリント基板設計を第1部で解説し、つちやが中・上級者向けにプリント基板設計におけるテクニックや勘所を第2部で解説しています。そして第3部には、KiCadの日本ユーザー・コミュニティである kicad.jp に

## 第1部 入門編 ゼロから始めるプリント基板設計

## Prologue・1

## USB DAC ヘッドホン・アンプの基板を作ろう

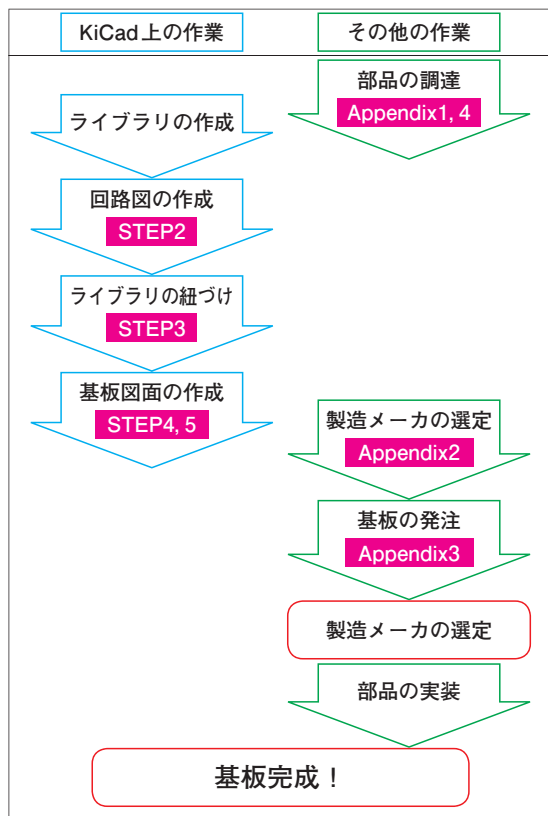
米倉 健太

## 概要

第1部では、STEP2の図1の回路のUSB DACヘッドホン・アンプのプリント基板を、実際に手を動かしながら作っていきます。この作業は、KiCadを使って行うもの他にも、部品の発注方法やKiCadで作成したガーバー・ファイルのメーカーへの発注方法まで含まれており、ここを読むだけで、初心者でも一人でプリント基板が作成できるようになっています。

## KiCadによるプリント基板作成の手順

プリント基板作成の概略を、図Aに示します。今回の作成例はかなり単純なものですが、基板設計のエッ



図A プリント基板作成の概略

センスをちゃんとつかんでいます。

この後に続くSTEP1でKiCadをコンピュータにインストールして開発環境を整えた後、STEP2で回路図の作成、STEP3でライブラリの紐づけ、STEP4、5で基板図面の作成を行います。そのほかの、自作ライブラリの作成方法については第2部の第6章を、部品の調達についてはAppendix1、4を、製造メーカーの選定についてはAppendix2、3を参照してください。実際のプロの基板設計では、回路設計や筐体設計、性能検査などの工程が入るのですが、それらについても一部は第2部で解説があります。

## 第1部の説明

STEP1では、KiCadというプリント基板設計ソフトウェア(PCB CAD)をコンピュータにインストールする方法について解説します。作業時間の目安は10～30分ほど。流れ図に沿ってコンピュータを操作すれば、コンピュータにプリント基板を設計する環境が整います。このソフトウェアは、本書の全体を通して使用します。次のSTEP2から、実際に手を動かしながらプリント基板設計について学んでいきましょう。

STEP2では、プリント基板化する電子回路の回路図を引く方法について解説します。作業時間の目安は、1時間から1時間半ほど。実は、回路図を引かなくても基板を設計することはできますが、回路図を引くことで複雑な電子回路をミスなく基板化することができるようになります。また、基板を編集する際、さまざまなサポート機能の恩恵を受けることができるようになるため、積極的に使っていきましょう。

STEP3では、回路図エディタで使用した電子部品(回路図マクロ)と、これから基板エディタで使用する電子部品(フットプリント)の紐づけを行います。作業時間の目安は、15分から30分ほど。ここは、対応するものを選ぶだけなので、すぐに終わってしまいます。この作業は、回路図マクロとフットプリントを一緒に管理するタイプのPCB CADにはないかもしれませんが、世の中の多くのPCB CADは、このように両者が分離しており、同一の回路図から使用する電子部品を変更した基板を作成することが容易になっています。

STEP4では、ようやく基板エディタを使って、基板の図面を引いていきます。作業時間の目安は2時間

STEP1

自宅のパソコンを開発ツールに変える  
プリント基板CADをインストール

米倉 健太

● 準備するもの

- Windows XP 以降の OS を搭載したパソコン
- 付属 CD-ROM

● インストールする前に

▶ 既に KiCad を使用している方は

これまで KiCad を使用していた場合は、最新の KiCad をパソコンへインストールする前に、コンピュータ内の KiCad のフォルダ (例、C:\Program Files (x86)\KiCad) から、自作のライブラリ・フットプリント・プロジェクトを別のフォルダに退避させてください。KiCad をインストールすると、以前のフォルダは上書きされます。

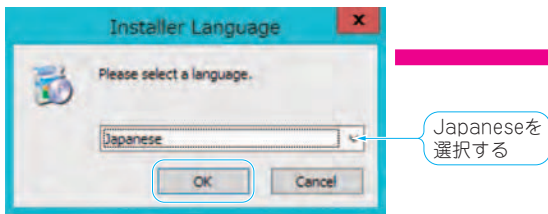
● インストールしよう!

付属 CD-ROM の KiCad のフォルダ内にあるインストーラ KiCad\_stable-2014.05.14-BZR4022-ja\_Win\_full\_version.exe をクリックして、図 1 のようにインストールを始めましょう。

すると、図 1 (a) のようにインストールする言語を選択する画面が表示されます。「Japanese」が選択されていることを確認して「OK」をクリックします。次に図 1 (b) のセットアップ ウィザードの開始画面が表示されるので「次へ」をクリックします。

図 1 (c) のライセンス契約書の画面が表示されます。記載されている内容は、KiCad をソース・コードから変更した場合の再配布方法についてなどです。ソース・コードからビルドした KiCad を自身の Web サイトで公開したり、イベントなどで配布したりする場合には注意が必要です。KiCad を使用するだけであれば関係ありません。「同意する (A)」をクリックして次に進みます。

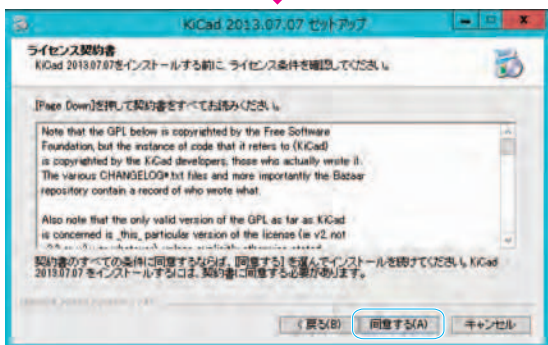
図 1 (d) のコンポーネントを選択する画面が表示されます。特別な理由がなければ、全てのコンポーネントをインストールすることをお勧めします。必要なコ



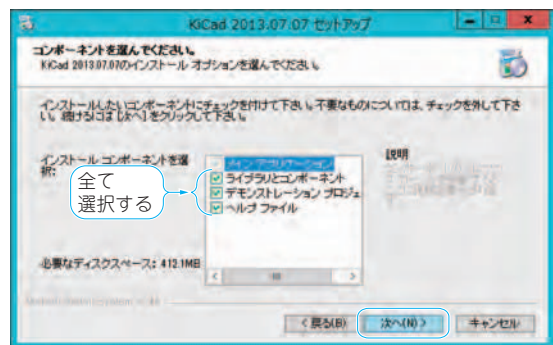
(a) インストール言語「Japanese」を選択する



(b) KiCad セットアップウィザードが開始される

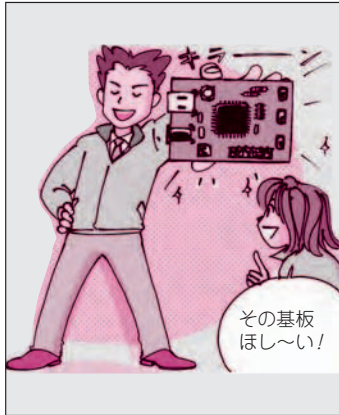


(c) ライセンス条件の確認をして同意する



(d) KiCad と一緒にインストールするコンポーネントを選択する

図 1 プリント基板 CAD 「KiCad」をパソコンにインストール!



## 第1章 タダのツールでプロっぽく！ 宅配ピザみたいにネット注文

# 自宅でプリント基板が 作れる時代がキタ！

つちや 裕詞, 米倉 健太

プリント基板CADは高価でプロしか使えないのは昔の話。今はタダで使えて、ホビー用途でも気軽に使える基板CADが登場しています。タダでも本格的な基板が作れるCAD「KiCad」を使って、プリント基板作りにチャレンジしませんか？〈編集部〉



図1 昔はプロの世界で職人の技だった基板作りも、今は自宅で宅配ピザ感覚！

## ■ プリント基板設計の今と昔

ほんの一昔前まで、個人がオリジナル基板を手に入れる方法といえば、ユニバーサル基板で組み上げるか、フィルムにプリント・パターンを描き、エッチングするしかありませんでした。基板1枚作るだけでもたくさんの工具や薬品が必要で、中には回路図を書いただけで現物にならなかった、という方もいるかもしれません。

しかし、**現在ではプリント基板CADを使って簡単に基板製造メーカーに発注して、きれいな仕上がりのプリント基板を手に入れることができます。**

ここで、プリント基板設計と製造の昔と今を簡単におさらいしてみましょう。

### ● 基板CADの登場前は全て手作りだった

プリント基板CADが登場する前は、メーカーの量産品といえども、倍寸フィルムの上にランドやプリント・パターンのテープを張り込んでいく「手張り」と

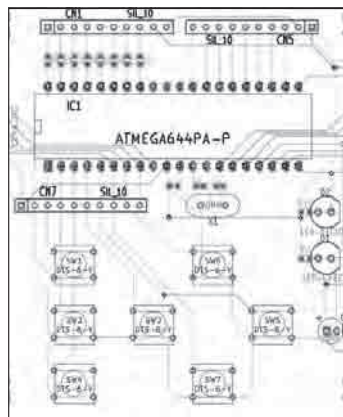
いう方法でフィルムを作成していました。さらに縮小機で原寸に縮小して感光フィルムを作成し、露光とエッチングを行っていました。

回路図CADも存在しなかったため、配線のミスも起きやすく、回路図と手張りフィルムのコピーを並べ、回路図の接続先を読み上げながらマーカ・ペンでなぞって確認するような作業もありました。

感光用のフィルムも現物管理で、吸湿などによる寸法精度劣化を防ぐため、一定期間が過ぎると廃棄して再作成していました。

### ● プリント基板設計CADの登場で一気に進化

70～80年代に、多くの大手CADベンダから、回路図CADや、プリント基板設計用のCADシステム(写真1)、また製造用のCAMシステムが生まれました。ミニコンやワークステーション、大型プロッタを組み合わせた数千万円もする大掛かりなシステムではありましたが、たくさんのメリットが生まれました。



## 第2章 グラフィック液晶ディスプレイ制御基板を例に

# オートルータでチョッパ配線

つちや 裕詞

プリント基板の配線を自動でやってくれたら、どんなに楽だろう…と考える人に朗報です。重要な配線だけ手配線して、配線してはいけない領域をちゃんと設定すれば、自動配線機能が使えます。 (編集部)

最近のプリント基板CADは低価格にもかかわらず、プロが利用するオートルータ(自動配線機能)を備えています。オートルータとは配線パターンをパソコンが自動で描いてくれる機能です。

この章ではAVRマイコンによるグラフィック液晶モジュール用のインターフェース基板プリント・パターンを、オートルータを使って描いてみます。

よしひろ氏の協力を得て、書籍「グラフィック

表示モジュール応用製作集」(CQ出版社)のpp.65-69で製作しているグラフィック液晶ディスプレイ制御基板の回路図を使用させていただきました。

図1がKiCadに入力したグラフィック液晶モジュール用のインターフェース基板の回路図です。オリジナルの回路には空きポートがたくさんあり、そのまま基板を製作するにはちょっともったいない感じがしました。そこで空いているポートを外部に引き出し、拡張

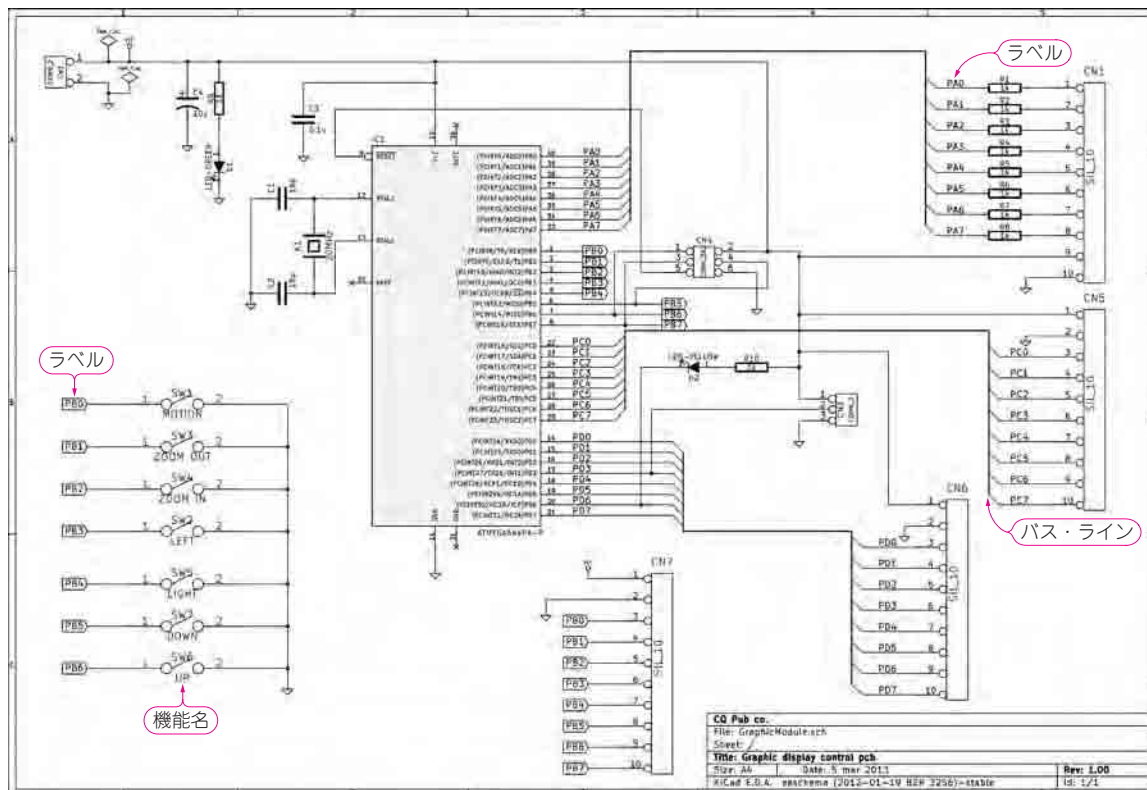
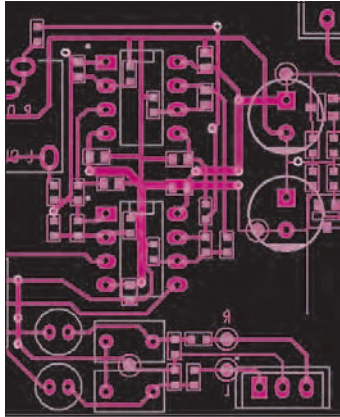


図1 例題…KiCadで作成したグラフィック液晶モジュール用インターフェース基板の回路図  
マイコンのポートからコネクタまでの接続にはバス・ラインを使っている。KiCadの場合、ラベルが付いていればバスを描かなくても信号はつながる。また、スイッチの定数項には機能名を入力した。ここで入力した値はフットプリント情報に引き継がれ、基板上でシルク文字として表示される。



### 第3章 部品配置や電流ルートにこだわった

## OP アンプをとっかえひっかえ! 電池1個のポータブル・ヘッドホン・アンプ

つちや 裕詞

本章では、アナログ回路を搭載したプリント基板を作る過程をお見せします。題材は、トランジスタ技術 2007年10月号に掲載された記事「OP アンプ1個で作るヘッドホン・アンプ」です。  
 (編集部)

### STEP1：作りたいものの構想を練る

トランジスタ技術2007年10月号に掲載された「OP アンプ1個で作るヘッドホン・アンプ(図1)」は、1個の006P乾電池で駆動する、シンプルなOPアンプ回路なので、基板データ作成の手順を示すのに最適と考えました。今回は、回路設計者の川田 章弘氏の協力を得ながら次の改良を加えたヘッドホン・アンプの基板を作ります。

- FET入力型のOPアンプだけでなくバイポーラOPアンプも使えるようにする
- 中点電位発生を追加して直流の安定度を高める

- ケースを選ばない基板レイアウトにする

- 構想1：そのままじゃ芸がない…オリジナリティを加える

#### (1) バイポーラOPアンプも使えるようにする

好みのOPアンプに交換ができるように、OPアンプのランドはDIPタイプとし、DIPコネクタを実装します。また、オリジナル回路ではFET入力型のOPアンプを使用していますが、バイポーラ入力型のOPアンプを使用できるように、OPアンプによるDCサーボ回路(図2)を追加します。バイポーラOPアンプは、FET入力型OPアンプより入力バイアス電流が大きいので、DCサーボ回路がないと大きなDCオフセット

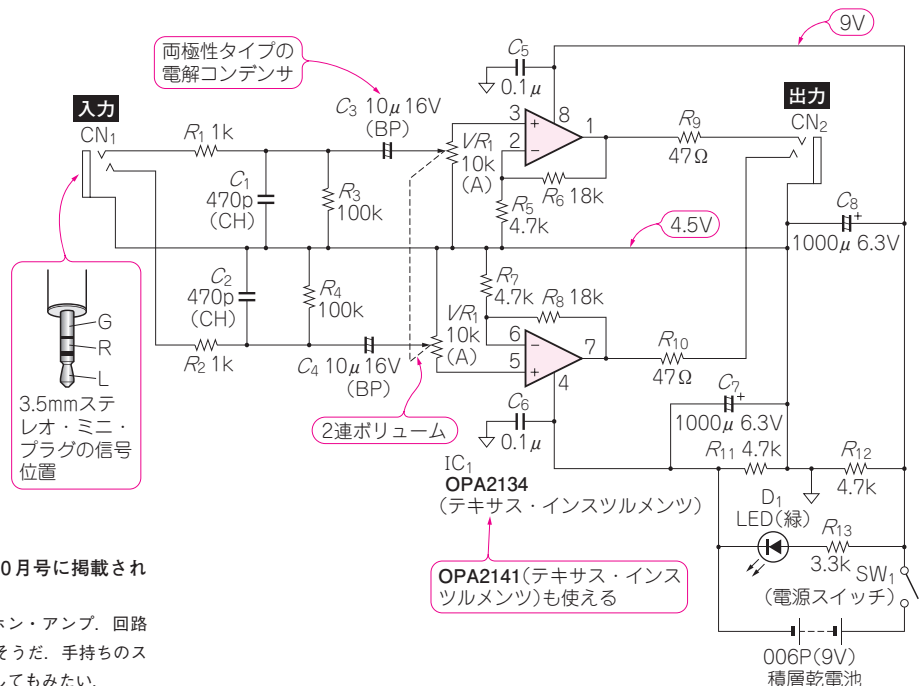


図1<sup>(1)</sup>

トランジスタ技術2007年10月号に掲載されたヘッドホン・アンプ回路  
 OPアンプ1個で作るヘッドホン・アンプ。回路サイズも小さく、確実に作れそう。手持ちのスマートフォンについて鳴らしてみたい。



## 第4章 プロはこういうところで手を抜かない

# 仕上げの配線テクニック 20

つちや 裕詞

部品は置ければイイ！配線は接続が間違っていればOK！なんて考えていたら…動かない基板が完成するかもしれません。多くの基板を設計した百戦錬磨の筆者・つちや氏に、経験により培われた部品配置や配線の技を伝授してもらい、必ず動く基板を設計しましょう。〈編集部〉

本章ではパターン、部品配置、基板製造のノウハウを紹介します。

### パターン編

● ノウハウ1：信号と電源/グラウンドの層の割り当て  
使用する部品や基板の層数によって、層構成(どの層にどの信号を配線するか)が変わります。

図1のように両面基板に挿入部品を実装する場合は、はんだ面(部品リードをはんだ付けする側の面)に信号線、部品実装面にはグラウンドを配置します。

図2のように4層基板の場合、表層は信号層、上から2番目の層にグラウンド、3層目に電源を設けるのが一般的ですが、ノイズの影響を受けやすいラインを内層に埋め込むこともあります。

● ノウハウ2：層間のパターンは直交させる  
…隣り合う層のパターンは平行に引かない

基板の1層目と2層目など、隣り合う層で同じ向きに配線を引くと、ほかのパターンの引き回しの邪魔になることがあります。1層目を縦方向にしたら、2層

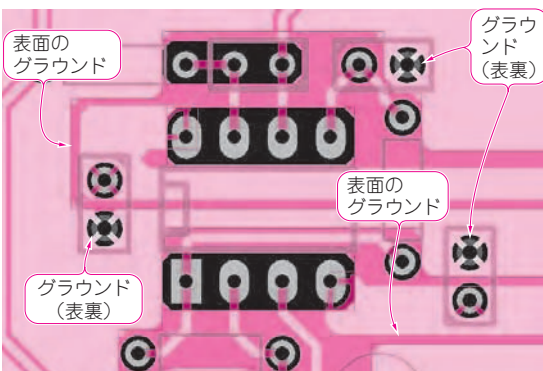


図1 両面基板での層(パターン)の例  
部品面(表面)にはグラウンドを広く取って、はんだ面(裏面)に信号ラインを引き回している。

目を横方向にするなど、層ごとに引き回しの方向を変えると、ビアを使ってパターンをまたぐことができますし、信号の干渉も抑えることができます(図3)。

● ノウハウ3：微小な電圧や電流を測るときは「4端子法」

基板上にテスト・ポイントを置いて、低抵抗による電流検出をする場合に、図4(a)のような配線では電流が流れるとパターンによる電圧ドロップが発生する

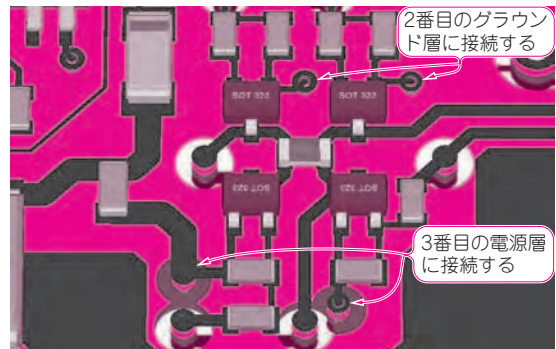


図2 4層基板の層の割り当て  
1層目(表面)を信号ライン、2層目をグラウンド層、3層目を電源層、4層目を信号ラインとしている。外部からのノイズに弱い信号ラインは、2層目や3層目に通してシールド効果を狙うことがある。

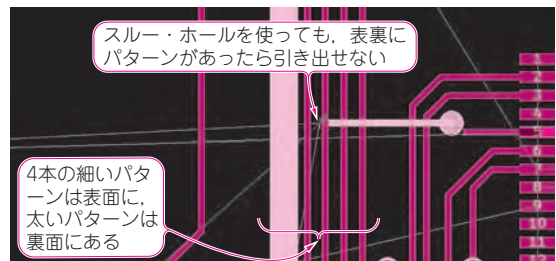


図3 隣り合う層同士のパターンは平行に引かない  
5番ピンを出てビアを打って裏面に引き出したものの、その先はどうする？両面にパターンがあってはビアを打ってもパターンを引き出せない。太いパターンも表面に引いておけばパターンが通る。



## Prologue・3

## KiCad 日本語マニュアル最新版

つちや 裕詞

プリント基板は「電気部品」であると共に、部品を製品ケース内に固定する「機構部品」であり、またユニバーサル基板などを除くと、量産品といえども製品ごとに設計される「カスタム部品」です。さらにパタ

ーン自体にフィルタやインダクタ、キャパシタなどの性質を持たせた「回路部品」としての役割もあります。プリント基板を設計/製作する上でのポイントは、

## 「第3部のナビゲーション」

● 第1章 KiCad 導入リファレンス・マニュアル  
……p.107 ~ p.111

KiCadのソフトウェア全体の構成とファイルの構成を紹介しています。また、似たような仕様の基板を作成する際の「テンプレートファイル」についても述べています。

● 第2章 Eeschema リファレンス・マニュアル  
……p.112 ~ p.172

Eeschemaはプリント基板設計に入る前の、回路図作成のためのCADソフトです。

- コマンドやツールバー、各種設定について知りたい場合 ……p.112
- 回路図の作成と編集方法について知りたい場合 ……p.125
- 階層を持った回路図を作成する方法 ……p.131
- アノテーション(C2, R1などリファレンス番号の割付け) ……p.134
- 回路図の電氣的チェック「ERC」機能 ……p.136
- 回路の結線情報「ネットリスト」を作成する ……p.137
- 回路図の印刷と各フォーマットでの出図 ……p.141
- 回路図シンボルの作成と管理方法 ……p.141

● 第3章 CvPcb リファレンス・マニュアル  
……p.173 ~ p.179

CvPcbは、回路図とプリント基板の部品の関連付けを行うソフトウェアです。KiCadでは回路図シンボル(回路図上の部品)と基板上のフットプリント(ランド、穴、シルク表示などを抵抗やコンデンサなど一つ一つの部品単位でまとめたもの)を別々に

管理して、Cvpcbで紐付けするため、基板側では同一パッケージの部品をいくつも作らずに済みます。

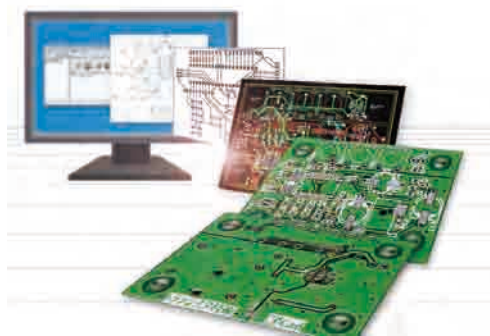
● 第4章 Pcbnew リファレンス・マニュアル  
……p.180 ~ p.234

PcbnewはEeschemaで作成したネットリストを元にプリント基板を設計するためのCADソフトです。

- 表示など一般的な操作やツールバーの概要を知りたい場合 ……p.181
- 回路図の結線データ(ネットリストの読み込み) ……p.191
- 配線する層やシルク、レジストの層(レイヤー)の設定方法 ……p.192
- プリント基板の作成と修正 ……p.197
- モジュール(フットプリント)の自動/手動配置 ……p.201
- 電源/GNDなど信号の属性や配線幅などの「配線パラメータ」の設定方法と配線の入力 ……p.203
- 導体、シルク、レジストなど各層のベタ面、塗りつぶし(ゾーン)の作成と編集 ……p.210
- 基板製造データ、実装データ、各種図面出力方法について ……p.217
- 基板上の部品(フットプリント)の管理と編集について ……p.222

● 第5章 GerbView リファレンス・マニュアル  
……p.235 ~ p.238

GerbViewはプリント基板製造用のガーバーデータを表示するビューアです。RS-274D, RS-274X, Exellonドリルフォーマットの読み込みと表示方法を解説しています。



商用利用もできる無制限ツールで  
メーカー顔負けのモノ作りに挑戦

# 一人で始める プリント基板作り [完全フリーKiCad付き]