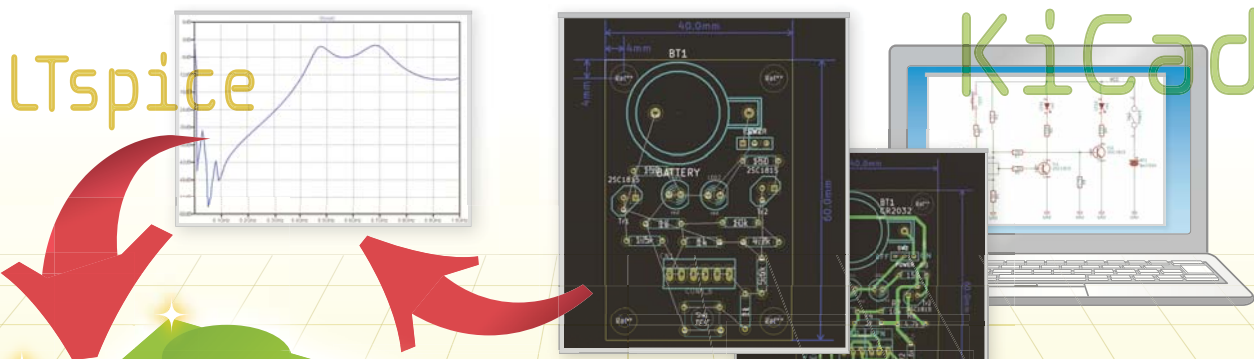


トランジスタ技術 SPECIAL

フリー＆機能制限なし! 世界のパーツを動かそう!

KiCad×LTspiceで始める 本格プリント基板設計 [DVD付き]



ご購入はこちら。

<http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/MSP/MSP201804.htm>

**実務
教科書**
「学ぶ」を応援!

CQ出版社

付属DVD-ROMのコンテンツ

- 1 プリント基板製作
お手本ムービー (KiCad用)
- 2 プリント基板開発ツール
KiCad Ver.4.0.7
- 3 電子回路シミュレータ
LTspice XVII
- 4 部品足型パターン1万個と
チューニングガイド
- 5 お手本基板データ集

見本

第1部 基本編

第1章 回路図作成から部品配置 / 配線まで

プリント基板設計 はじめの一步

漆谷 正義 Masayoshi Urushidani

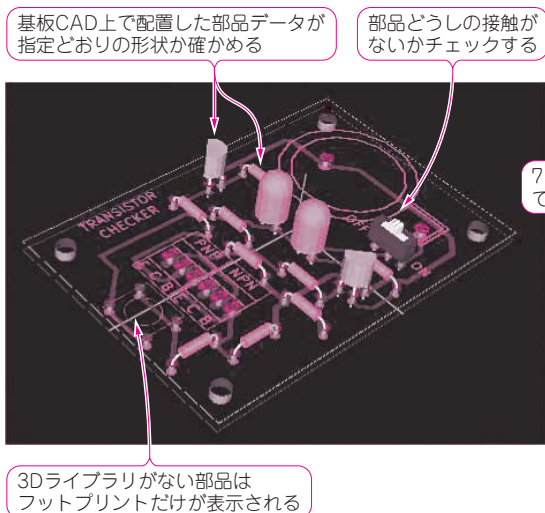


図1 プリント基板CAD KiCadで作成が完了したトランジスタ・チェッカ基板の3D表示

基板のレイアウトが完了するとパソコン上で部品実装後のイメージをつかめる。本章では本器をKiCadで作り上げるためのデータ作成方法から発注/動作確認までの流れを紹介する

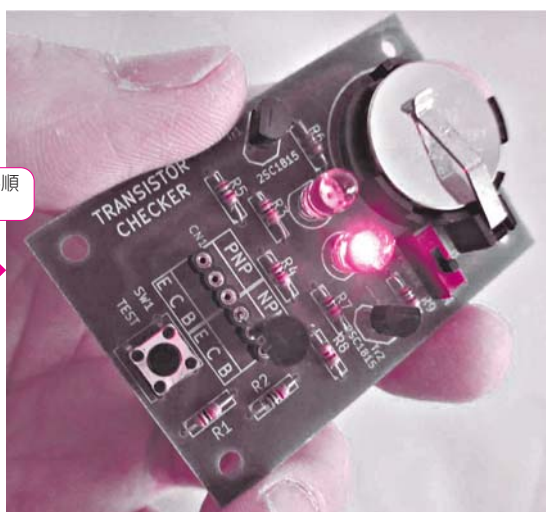


写真1 部品実装後トランジスタ・チェッカを動作させているところ(実機)

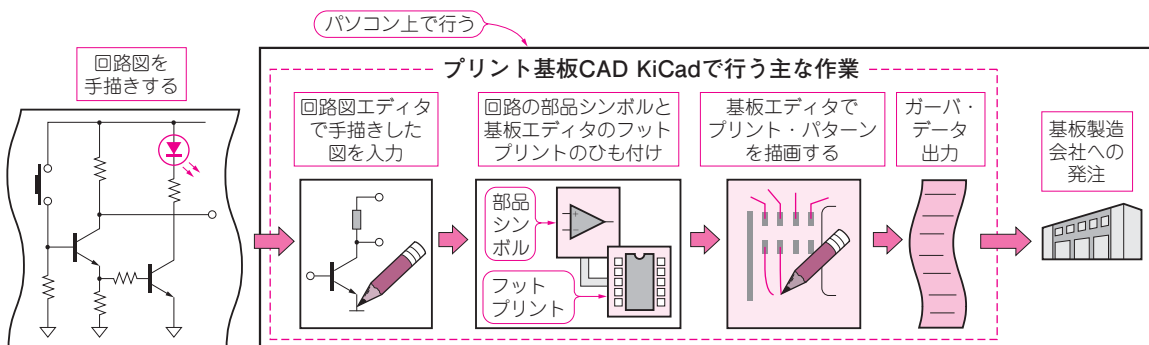


図2 手描きの回路図作成から基板発注までの流れ

プリント基板CAD KiCadでは主に点線内の作業を行う。パソコンとインターネット接続環境があれば基板発注まで行うことができる

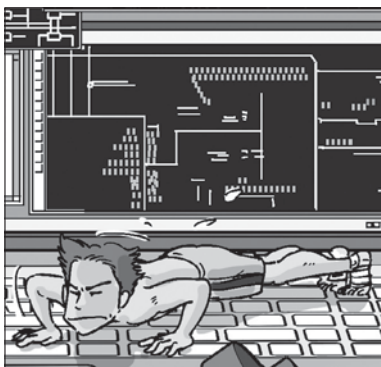
本稿では、フリーで定評のあるプリント基板CAD KiCadを使い、回路のデータ作成から発注/動作確認までの流れを解説します。

図1は今回KiCadで作成したトランジスタ・チェッカの基板レイアウトの3D表示です。写真1は部

品実装後トランジスタ・チェッカを動作させているところです。

プリント基板を作ると、シンプルな回路であっても、格好良くコンパクトに作れます。

見本



第2章

スルーホール、FR-4、レジスト、レイヤ...

基板メーカーと話せるようになる専門用語 24

漆谷 正義 Masayoshi Urushidani

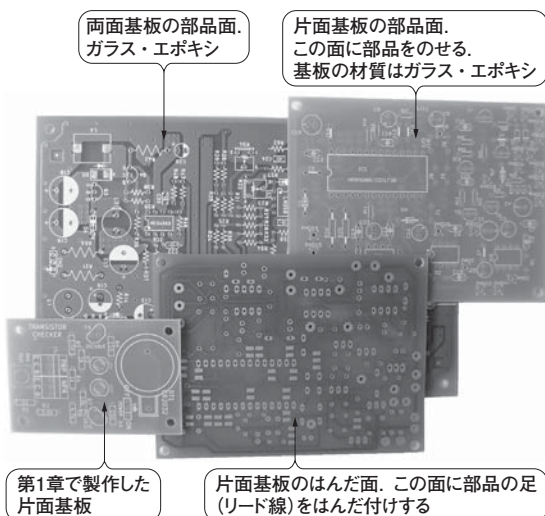


写真1 硬質材料で作られたリジッド・プリント基板
通常、プリント基板と言えばこれを指す

本稿では、製造メーカーから質問が来てもスムーズに対応できるようになるため、プリント基板の基礎用語を解説します。
(編集部)

● リジッドとフレキシブル

プリント基板は、大きくリジッド・プリント基板とフレキシブル・プリント基板に分かれます。

リジッド・プリント基板は、銅張積層板CCL (Copper Clad Laminate)を加工したもので、固くて曲げることができません(写真1)。

曲げることのできるプリント基板は、フレキシブル・プリント基板(FPC: Flexible Printed Circuits)、略してフレキと呼ばれます。スマホなどハンドヘルド機器によく使われます(写真2)。

リジッド・プリント基板(銅張積層板)を材質で分類すると、大きく、紙フェノールとガラス・エポキシに分かれます。板厚は0.4~3mmの範囲で選べます。標準は1.6mmです。銅はくの厚さは標準が18μmで、

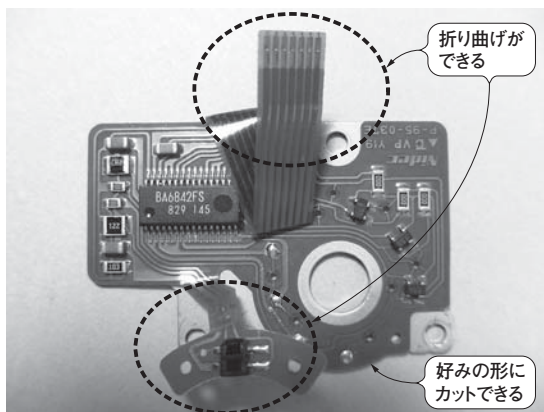


写真2 折り曲げたり切ったりできるフレキシブル基板
リジッド・プリント基板に比べて柔軟で薄型。金属板に貼りつくと放熱も容易にできる

厚いものでは175μmもあります。表1に基板材質の特性の一部を示します。最近ではハロゲン・フリーの材質も求められるようになりました。

● エッチング

銅はくを薬液などで溶かして、基板にマスク・パターンを形成する作業のことです。

図1にプリント基板の標準的な製造方法を示します。まず銅張積層板にドリルで穴を開けます。穴の内側に導電性の金属(銅など)をめっきします。めっき厚は最小15μ~25μmとかなり薄いので、銅食われ*1などに気をつけます。この穴をスルーホールと言います。この上に感光性のレジスト(ドライ・フィルム)を貼りつけ、パターンの印刷されたフィルムを通して露光し、感光性レジストをエッチングします。残った感光性レジストはパターンの形をしています。そのまま薬液などにより銅はくを除去(エッチング)すると、銅はくのパターンができます。最後に感光性レジストを除去すれば、銅はくパターンだけ残ります。逆の面とはスル

*1: 銅はくがはんだに浸食されること。

見本

第3章

最短配線、電源ライン、GND、スルーホール、シールド、配線長…

回路の性能に差が出る！ プリント・パターンの描き方要点

漆谷 正義 Masayoshi Urushidani

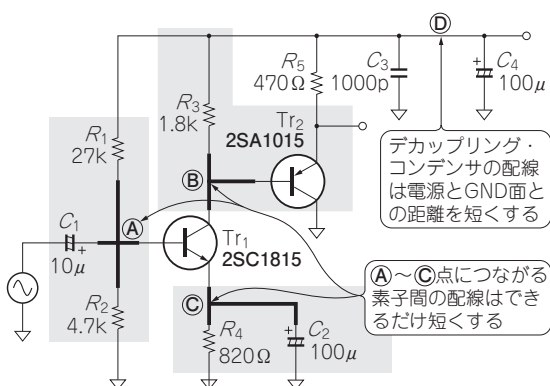


図1 電子回路の性能に影響を与える部品どうしの配線はできるだけ短くする

プリント・パターン(配線)が長くなると、回路図上にはない抵抗などの寄生した成分が生じ、電圧降下や雑音などが発生し回路に影響を与える可能性がある。これを避けるには、できるだけ短くプリント・パターンを描くようにする

せっかくプリント基板を作るならば、見た目の格好良さだけでなく、ハードウェアの性能や品質も良くしてみませんか。

本稿では、高性能なハードウェアを作るときに必要なプリント基板の配線パターンの決めワザを紹介します。本テクニックは、高感度なラジオやソフトウェア無線機、高音質のハイレゾ・オーディオ、部品を長持ちさせるパワエレ回路、信号をきっちり伝送するコンピュータ・ボードのインターフェースなどの基板を作るときに利用できます。〈編集部〉

● 1回で成功する基板作りを目指す

電子回路は、配線の引き回しが極端に悪いと本来の動作をしません。

基板のプリント・パターン(配線)には、目に見えない抵抗、インダクタンス、容量などの寄生成分があり、電子回路が予期しない動作をする可能性があります。

プリント・パターンは、電線を使う場合と異なり、

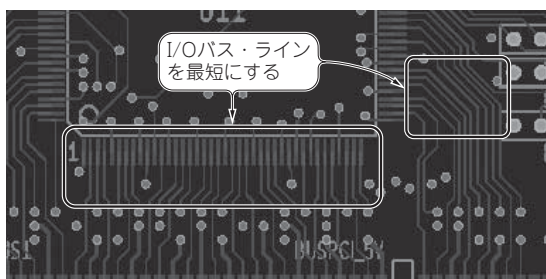


図2 ICのバス・ラインはできるだけ最短距離で配線する
I/Oバス・ラインのプリント・パターンを最短配線にすると、信号間干渉が低下するだけでなく、基板面積も小さくできる。ICの向きと配置をラッツ・ネストを見ながら調整する

平面で配線するのが基本なので、プリント・パターンが交差することは許されません。できるだけジャンパを使わずにプリント・パターンを描き、だめならほかの層にビアを通してまたぐ、という作業を行います。

大振幅と微小信号が通る回路や、高周波と低周波の信号のプリント・パターンが隣り合わせになることもあります。何も考えずにプリント・パターンを描くと、

- 雑音が信号にのる
- 回路が誤動作する
- 外部に雑音を出す

などの現象が起こります。

失敗のたびに、原因を究明して、プリント・パターンを修正、発注するのは、時間、お金、労力のむだ遣いになります。

失敗を回避するために、プリント・パターン設計にはいくつか守ったほうがよいテクニックがあります。

● できるだけ最短距離配線にする

図1の回路は、抵抗やトランジスタといった部品どうしが配線されています。基板上では、これらの配線をプリント・パターンと言います。

図1の配線は部品を境目として、①～③のブロックに分かれています。

見本

第4章 だっ広くなく狭すぎない… スムーズに流れる幅と径

ちょうどいいプリント・ パターン&ビアの決め方

志田 晟 Akira Shida

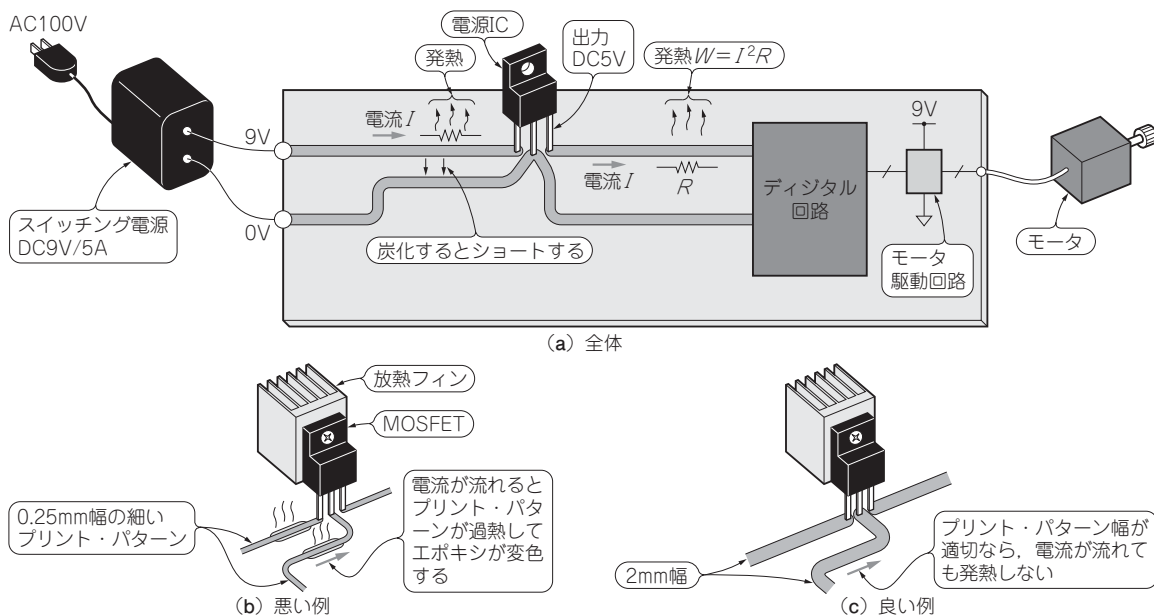


図1 モータ駆動基板のプリント・パターン例

基板を作るときは、プリント・パターン幅と許容電流を考える。プリント・パターンの発熱による温度上昇は10℃内に抑える。スイッチング電源側のプリント・パターンはエポキシ材の炭化などでショートが起きると電源の最大電流まで流れるので慎重に検討する

本稿ではちょうどいいプリント・パターンの幅とビア径の決め方を解説します。

プリント・パターンは、回路図どおりに配線するだけでは不十分です。パターンを流れる電流の大きさに合わせて描く必要があります。

0.5 A以上の電流が流れるプリント・パターンを作るときは許容電流と発熱の影響も考えます。図1にモータ駆動基板の例を示します。プリント・パターン幅が狭いと、パターンの抵抗が大きくなり、電流 I による発熱($W = I^2R$)が無視できなくなります。図1の電源ICの入力側は、容量の大きいスイッチング電源につながっています。基板の絶縁が悪化すると、この電源容量までの大電流が基板に流れます。

プリント・パターンによる発熱が周囲温度より10℃以内になるように作るのが1つの目安です。

プリント・パターン幅の 目安と計算式

● 目安

▶ セルフ・チェック

プリント・パターンを描く前に、パターン幅を設定します。

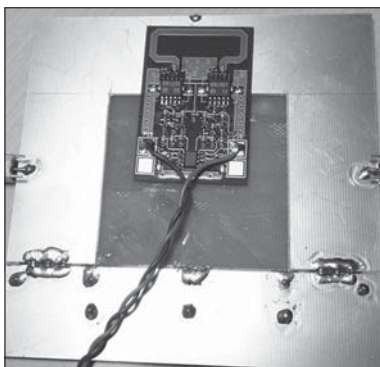
図2に基板CAD KiCadのデザイン・ルール設定画面を示します。

インチまたはmmの設定によって値が異なります。特にインチ系の指定がない場合は、プリント・パターン設計はmm系設定のほうがわかりやすいです。

▶ デジタル信号線

図2に示したデフォルトは、デジタル信号線の配線幅です。図2では0.25 mm幅に設定しています。これで2.54 mmピッチのICのピン間に1本通過

見本



第5章 塗りつぶしでビクともしない 足場を固める

GND のベタ・パターンの 作り方

加東 宗 Takashi Kato

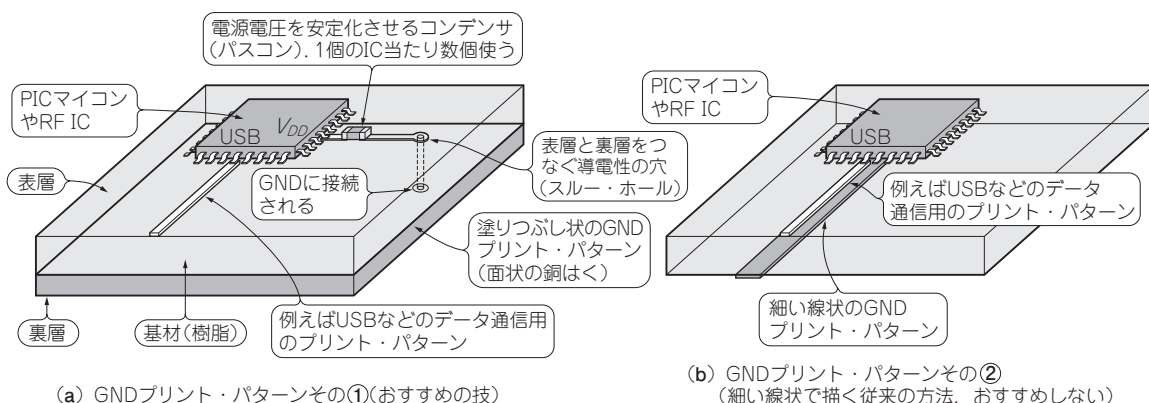


図1 マイコンやFPGA, RFチップなど、最近の高速化したワンチップICの真下や信号線の下層にあるGNDパターンは塗りつぶし状(ベタまたはプレーンと呼ぶ)にしないと安定した動作が得られない

図(a)のほうが図(b)よりも誤動作の可能性が低い。ベタ状のGNDパターンの電位を揺するエネルギーは、主にICの電源-GND間に接続するたくさんのパスコンを介して供給される。これらのパスコンの実装位置が適切でないと、面の電位が振動する共振が起きてICが誤動作したり、データ通信に失敗したりする。本稿では、フリーの電子回路シミュレータLTspiceを使って、適切なベタGNDの作り方を伝授する

本稿では、LTspiceを使って、基本中の基本である塗りつぶしプリント・パターンの正しい作り方を紹介します。ICや回路にとって、安定な動作基準(グラウンド、GND)とエネルギー供給源(電源)は命綱です。魅力のあるワンチップ・コンピュータやFPGA、RF無線ICは、半導体の進化によって内部のトランジスタがいつのまにか超高速化しています。下手な塗りつぶしを作ると、大きな電圧の波が発生して(共振現象という)、ICや回路の足元やエネルギー供給源が暴れます。本稿では、LTspiceを使ってICが気持ちよく動ける塗りつぶしの形状を検討する方法も紹介します。

〈編集部〉

GNDや電源には塗りつぶしプリント・パターンがおすすめ

GNDと電源は電子回路の動作基準です。プリント・パターンのどの位置の電位を測っても同じ(GNDなら

0V、電源なら3.3Vや5.0V)であるべきでしょう。でも、実際は違います。

図1に示すのは、2通りの方法で描かれたPICマイコンのプリント・パターンです。図1(a)は、データ信号線の下に広い面状(ベタまたはプレーンなどという)のGNDプリント・パターンを敷いた例、図1(b)は細長い線状のGNDプリント・パターンをデータ信号線に沿わせて描いた例です。電流は、表層に実装されたPICマイコンの端子から信号プリント・パターンを流れ、裏層のGNDプリント・パターンを流れてPICマイコンに戻ってきます。

私がおすすめするのは、図1(a)のベタGNDです。

プリント・パターンが広いほど、インピーダンスが低くなるので、どの場所の電位を測っても限りなく0Vに近い状態が保たれています。

図1(b)のような細長いGNDプリント・パターンは、データ信号の電位変動に合わせて、電位が変動します。

見本



第6章

効率、応答、精度…あなたの描き方
ひとつで良くも悪くも

放射ノイズを低く抑える 部品配置方法

藤田 雄司 Yuji Fujita

本稿では、部品8点のシンプルな降圧型スイッチング電源回路を例に、放射ノイズを低く抑えるプリント基板の作り方を解説します。

1 MHz超の高い周波数でスイッチングする電源ICが増えています。周波数が高いものほどサイズが小さい傾向があります。しかし、ノイズが大きいので、微小信号を扱うシステム(無線機や高精度モニタ)では敬遠されています。

電源の性能は、部品の配置やプリント・パターン
の描き方によって大きく変わります。適切な部品選
択とプリント基板設計ができれば、安定性や信頼性
も向上します。今回の例題回路(図1、図3)は、携
帯充電器、CPUなどの論理回路、16ビットA-Dコン
バータの電源基板作りの参考になります。〈編集部〉

● 1.4 MHz, 5 V/1.2 Aの高機能デジタルIC用電源 を例に

図1に例題の降圧型スイッチング電源回路を示しま

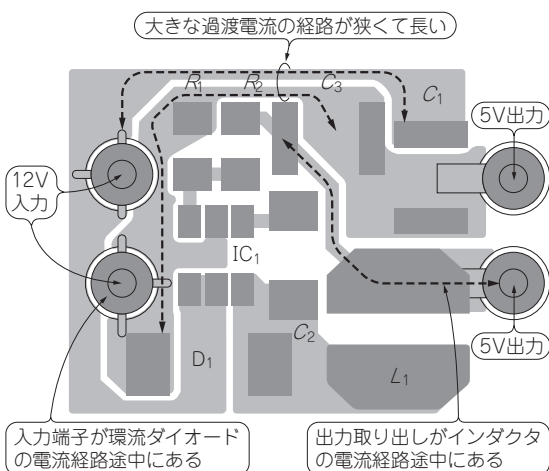


図2 悪い部品配置とプリント・パターンの例

コンパクトに配置しているように見えるが、大きな過渡電流が流れる入出力バイパス・コンデンサや環流ダイオードのプリント・パターンが長いので、十分な性能が出せない。大電流の経路途中から入出力を取り出すとノイズが閉じ込められない

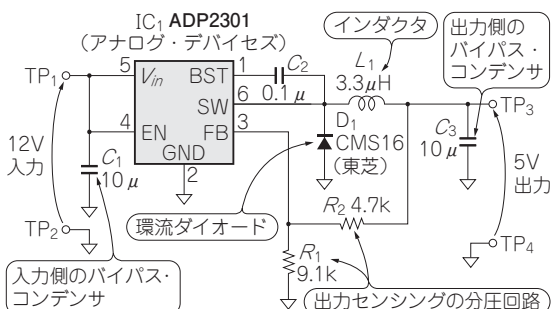


図1 例題回路…入力12 V、出力5 V/1.2 Aの降圧型電源
部品数8点で5 Vの定電圧が得られる。部品の配置や配線によってノイズ電圧が異なる。部品自身の影響を小さくするために表面実装品を使う。配置やプリント・パターンの影響をわかりやすくするために片面基板で例題の基板を製作した

す。電源ICはADP2301(アナログ・デバイセス)を使用します。スイッチング周波数は1.4 MHz、出力電圧は5 V、最大出力電流は1.2 Aです。今回は異なる部

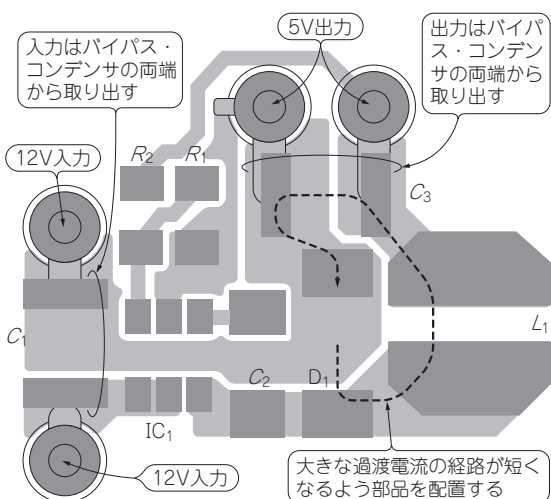


図3 良い部品配置とプリント・パターンの例

大きな過渡電流の経路が短くなるよう配置している。銅はくのインダクタンスや抵抗成分の悪影響を最小限に抑えている。入出力はバイパスコンデンサの両端から取り出すことでノイズを閉じ込め

見本

第11章 Twitter や Gmail と連動できるセンサ計測コンピュータ・ボードに大変身!

ラズベリー・パイ用 アナログ入力拡張基板の製作

志田 晟 Akira Shida

ラズベリー・パイはインターネットへの接続が簡単で、センサの情報を Web にアップロードするような用途に便利です。ただしデジタル入力しか持たず、アナログ信号をそのまま入力できないのが弱点です。

そこでアナログ入力拡張基板を作りました(表1)。ユーザが多い定番の A-D 変換 IC を搭載し、センサ・モジュールをつなげられる入力端子(電源ピン付き)を用意します。この基板があれば、ラズベリー・パイはセンサ接続用プラットフォームに早変わりします。

センサからのアナログ信号を 取り込んで Web 通信

● ラズベリー・パイを使えばセンサやコントローラをインターネットにつなげられる

IoT (Internet of Things) という言葉が流行しています。これから私たちの身の回りのいろいろなものがインターネットにつながっていき、インターネット経由で情報取得や操作ができるようになっていきます。

図1は、インターネットにつながったラズベリー・パイで作ることができる装置の例です。離れた場所の温度、湿度、明るさなどをセンサで測り、インターネット経由で手元のスマホに情報を送れます。スマホから水やり用のバルブを操作できます。このような遠隔

表1 アナログ入力拡張基板「PiAD ボード」の主な仕様
最大8チャンネルのアナログ入力を可能にする

項 目	仕 様
入力電源	ラズベリー・パイから GPIO ピン・ヘッダ経由で供給。5 V (アナログ電圧生成用) および 3.3 V (ロジック回路電源用)
内部電源	3.3 V アナログ電源
アナログ信号入力数	8 チャンネル
A-D 変換分解能	12 ビット (分解能 1/4096)
A-D コンバータ	MCP3208T-CI/SL
通信方式	SPI
外部センサ用 アナログ電源	3.3 V, 合計 100 mA 以下
センサ用 ピン・ヘッダ	チャンネルごとに独立した電源付き 4 ピン・ヘッダ×4, それ以外の 4 チャンネルをまとめた電源付き 6 ピン・ヘッダ×1

での情報取得や操作が、いろいろな場面で広がります。

● アナログ出力センサとの間に A-D コンバータが必要

このような用途では、温度や圧力などの値を検出するセンサ機能が重要です。センサには出力がアナログ値のタイプもあります。ラズベリー・パイにアナログ値を取り込む機能を持たせるには、A-D コンバータ

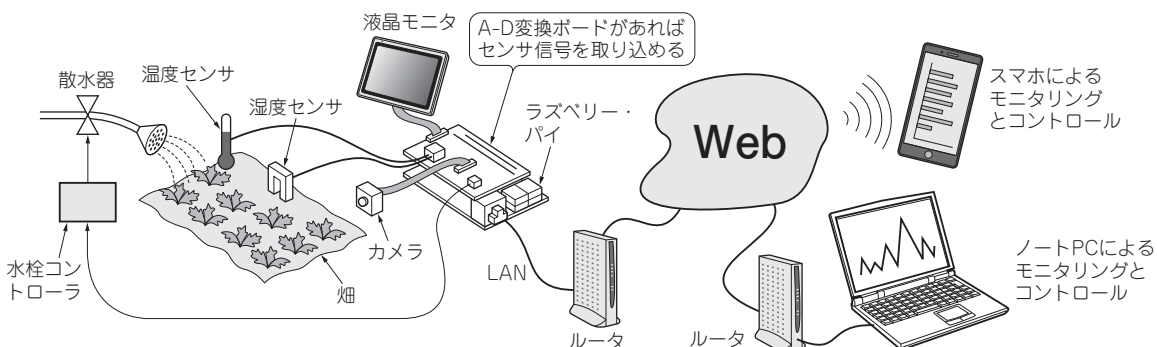


図1 ラズベリー・パイはインターネット経由で情報を取得したり機器を制御したりする実験にピッタリ!

ただし単体ではアナログ信号の入出力ができないので、追加の回路を用意しなければいけない

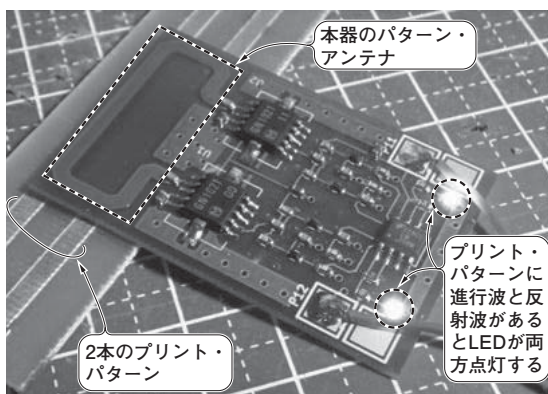
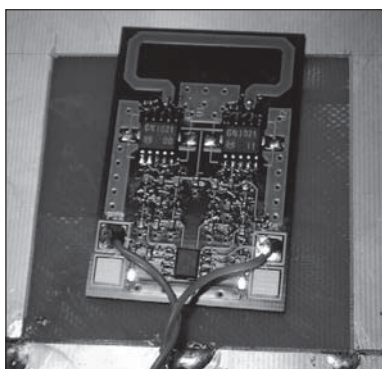
見本

第12章

帯域 200M~1.5GHz! 無線機や Wi-Fi 周辺を飛び交う信号の動きが見えてくる

パターン・アンテナ & LED で作る電波スキャナ

加東 宗 Takashi Kato



(a) 伝送路に進行波と反射波が両方存在しているとき両方のLEDが点灯する

写真1 カード・サイズの電波スキャナを製作

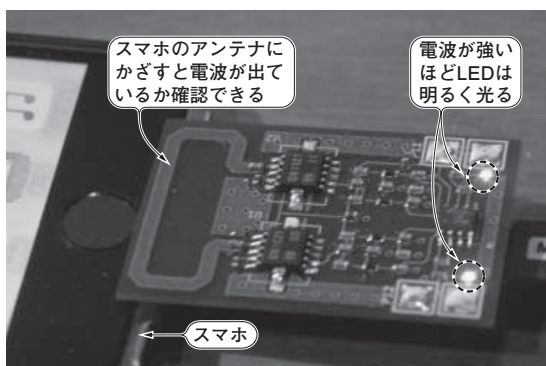
基板の配線やアンテナなどに電圧が加わり、電流も流れると周囲の空間に電磁界が発生する。本器をかざすだけで、LEDが光り、電磁界の強度を調べることができる。本稿では本器の作り方を紹介する。(a)において整合が完全で反射波が存在しないとき、信号源側(近端側)のLEDだけが点灯する。200 M~1.5 GHzの範囲で正弦波の場合、-20 dBm (70 mV)以上が伝送路に流れていれば反応する。(b)の待機中のスマホでもときどき電波を出していることがわかる

本稿では、目に見えない電磁界を可視化するチェッカを作ります。

プリント・パターンなどの導体に電圧を加えると、その周りに電界が発生します。導体に電流が流れると、その周りに磁界が発生します。電界と磁界が同時に組み合わせると電磁界が発生します。身の回りのコンピュータ・ボードやスマホも電磁界を発生していますが、目には見えません。最近は電磁界を可視化する装置も出始めています。そのような高価な装置でなくても、電磁界の存在や強弱を確認できる程度のチェッカなら自作できます(写真1)。

本器を使うと、信号の強弱や向き、反射波や整合状態まで可視化できます。カード・サイズの基板と部品合わせて、約500円で手軽に作れます。物理現象の実験や研究にも利用できます。

〈編集部〉



(b) スマホやWi-Fiのアンテナにかざすと電波の送信状態を確認できる

本器の特徴

● 電磁界を可視化する

電気は目に見えないため、計測器が目の動きをします。測定器は、デジタル・マルチメータ、オシロスコープからスペクトラム・アナライザ、ネットワーク・アナライザに至るまで実に多岐にわたります。

その中でも特に測りにくいのが電磁界です。ボード内で発生するノイズや共振、不要輻射などの発生源が写るカメラがあれば便利だと思った方も多いでしょう。

今回、電磁界の強さに応じてLEDが光って可視化できるチェッカを製作しました。

● 電磁界だけでなく信号の方向もチェックできる

本器は電磁界の強弱ばかりでなく、信号の方向も検知します。

図1のようにして、ボード上の伝送路の信号が流れる方向を検出できます。左右あるLEDのうち信号源側だけが点灯します。

信号が双方向のときや整合が悪くて反射波があるときは、両方のLEDが点灯します。双方向通信ではないのに両方のLEDが光るときは、反射が起きている(不整合になっている)可能性があります。

見本

第13章 1.2V, 1.8V, 3.3V…デジタルIC 周りの狭スペースにねじ込んでやる

ポータブル・マシンにビルトイン! ピンポイント・ミニ電源モジュール

並木 精司 Seiji Namaki

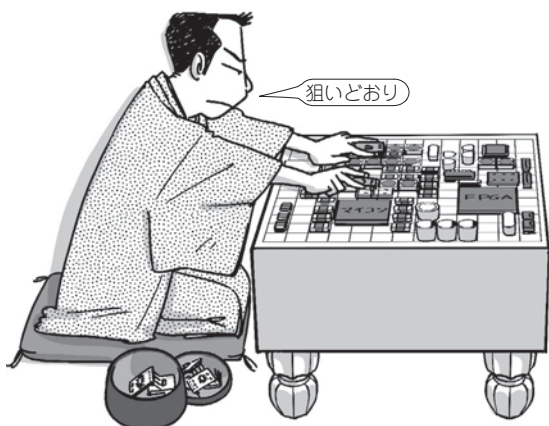
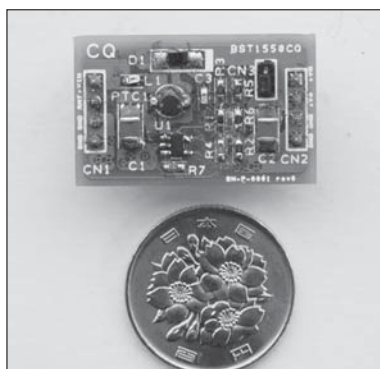


イラスト1 1.2V, 1.8V, 3.3Vなどの電源が多いマイコンやFPGA, ASICなど最近のIC用には場所をとらないピンポイント・ミニ電源モジュールがうれしい

ポータブル機器には、1.2V, 1.8V, 3.3Vなどの複数の電源で動くマイコン, FPGA, ASICが搭載されています。限られた基板スペースにたくさんの電源回路を組み込むには小型で形のフレキシブルな電源モジュールが有効です。

本稿では、昇圧型DC-DCコンバータ(ピンポイント・ミニ電源モジュール)を例に、電源の基本動作/部品選びから基板製作までを解説します。

特に電池1本で動作するような小型ポータブル機器には大活躍することでしょう。〈編集部〉

製作するピンポイント・ミニ電源モジュールの用途

製作した2×3cmのピンポイント・ミニ電源モジュールは、乾電池1本の電圧を一般的なマイコンが動作する3.3Vや5Vに変換できます(写真1)。

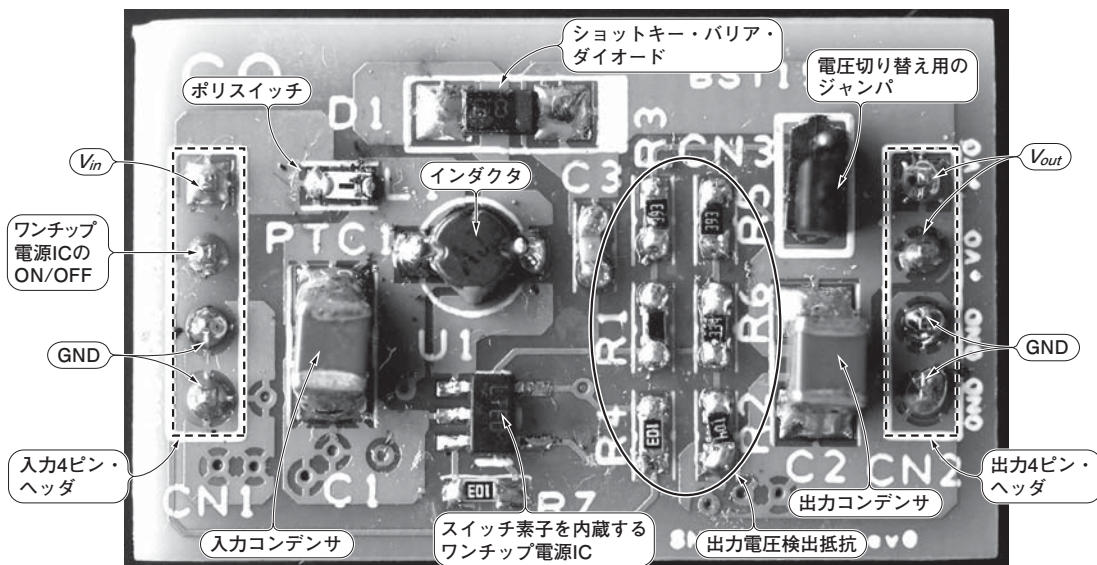


写真1 製作したピンポイント・ミニ電源モジュール(昇圧型)

単1〜3型の乾電池, ニッケル水素蓄電池, ボタン電池1本から、3.3Vまたは5Vの電圧を出力する。サイズは2×3cmと小型。ピン・ヘッダ付きでブレッドボードにも挿せるので、実験にも利用できる

見本