

ミニ四駆制御基板 マニュアル

赤坂 清隆

2015/05/05

はじめに	2
機能説明	2
ミニ四駆用モーター駆動制御	2
6 軸慣性センサー	2
リチウムポリマーバッテリーマネジメント	2
拡張端子	2
SD カードアクセス	3
HID	3
USB-UART 変換	3
各部名称と説明	4
組み立て方法	13
モーター駆動制御系	13
リチウムポリマーバッテリーの利用	17
UART 通信の利用	17
マイコンプログラム書込み端子	18
拡張の為のヒント	19

はじめに

この文書はミニ四駆制御基板を正しく利用していただくために用意したドキュメントです。ミニ四駆制御基板はミニ四駆に搭載することでモーターの駆動を制御、慣性センサーからミニ四駆の姿勢情報などを取得する等のことが可能です。また 4 本の汎用入出力ポート (GPIO) 又はアナログデジタル変換ポート (ADC ポート) 及び、I2C 接続用端子と言った拡張性を備えています。そのほか、マイコンの UART を USB 経由でモニタする機能や、リチウムポリマーバッテリーの充電機能、SD カードアクセス等をサポートしています。

機能概要

ミニ四駆用モーター駆動制御

ミニ四駆用モーターの駆動を On/Off 制御 (PWM 制御) 可能な回路を有しています。この機能を用いることで、ミニ四駆の速度を調整する事が可能です。SW 的にはマイコンの GPIO ピンを Hi (モーターON) あるいは Lo (モーターOFF) するコードを記述する事で制御が可能になります。SDK で提供されるシステムソフトウェアでは、0~100 の段階で出力を制御可能になっています。詳しい使い方については、ソフトウェア開発ガイドをご覧ください。

6 軸慣性センサー

加速度 3 軸、ジャイロ 3 軸の慣性センサーを搭載しており、このデータを取得可能です。センサーからのデータレディ割込みを利用する事で安定的に 400Hz のレートでデータを取得可能です。

リチウムポリマーバッテリーマネジメント

基板上に搭載されたリチウムポリマーバッテリー充電 IC によって、安全にリチウムポリマーバッテリーを充電する事が可能です。充電が完了すれば自動的に充電を止める機能も搭載されています。また、ソフトウェアからバッテリーの電圧をモニター可能なので、バッテリーの電圧が低下した事を確認する事も可能です。SDK で提供されるシステムソフトウェアでは、バッテリーの電圧がある程度下がると CHG LED を点滅させてバッテリー切れを警告します。

拡張端子

GPIO/ADC 拡張端子と I2C 拡張端子、UART 接続用端子を有しています。GPIO/ADC 拡張端子は、デジタル入出力或いはアナログ入力を切り替えて使う事が可能です。I2C 拡張端子は、I2C 接続で新たなセンサや他のマイコンとの接続を可能にします。UART 接続端子は PC 或いは他のマイコンとの連携を手軽に実現できる拡張端子です。

SD カードアクセス

マイクロ SD カードを SPI 接続で利用可能です。主に制御履歴の保存やパラメータの読み込みなどに使用する事を想定します。IO アクセスには一般的に時間がかかる為、高速なマイクロ SD カードを使用する事を推奨しています。

HID

LED4 つとスイッチ 3 つが使用可能です。SDK で提供されるシステムソフトウェアでは、緑色と赤色の LED を電源 LED、充電中表示 LED として利用しています。青色 2 つについてはユーザ側に解放されています。

USB・UART 変換

FTDI 社の FT232RL を搭載し、マイコンと PC をシリアルポート経由で接続可能にしています。シリアルポート経由でのプログラム書込みやソフトウェアのデバッグに使用する事が可能です。

各部名称と説明

図 1 はミニ四駆制御基板の外観と各部の名称です。各部の詳細については以降で詳しく説明します。

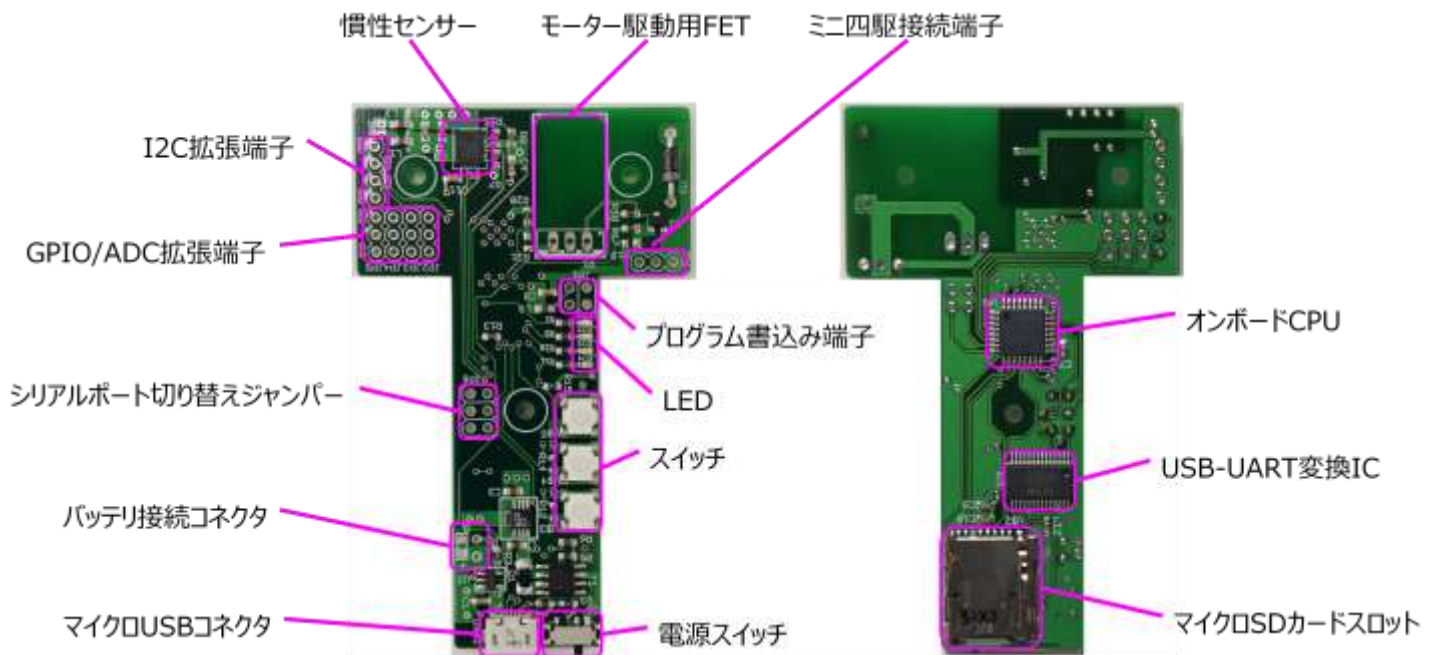


図 1 各部名称

オンボード CPU(ATMEL XMEGA 32E5)

ミニ四駆制御基板に組み込まれたマイコンです。32MHz 駆動の 8bit マイコンで、フラッシュ容量 32KiB、主メモリ 4KiB です。詳しい情報は以下の Web ページおよびデータシートを参照してください。

URL :

<http://www.atmel.com/devices/ATXMEGA32E5.aspx>

DataSheett :

http://www.atmel.com/Images/Atmel-42005-8-and-16-bit-AVR-Microcontrollers-XMEGA-E_Manual.pdf

慣性センサー(LSM330DLC)

ミニ四駆制御基板に標準的に組み込まれている慣性センサーです。I2C で接続され、400Hz のサンプリングレート（1 秒間に 400 回データ取得）でデータを取得可能です。センサからのデータ取得は、Data Ready 割り込みをマイコンの割り込みピンで受けて、都度データを取得する方式を推奨しています。提供される SDK では割り込みベースのデータ取得で 400Hz のデータを処理しています。 図 2 は基板を基準にした X Y Z 軸の方向を示しています。

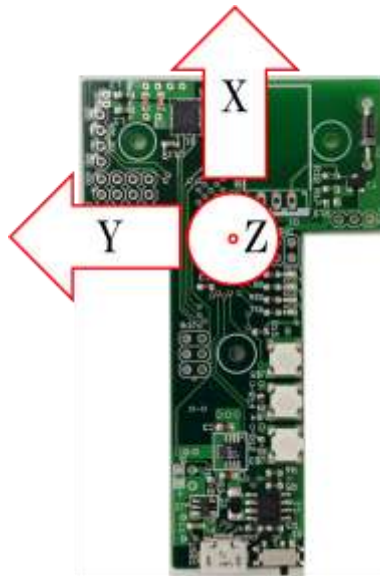


図 2 加速度/ジャイロの軸設定

センサー自体の詳しい仕様はデータシートをご確認ください。

URL :

http://www.st-japan.co.jp/web/jp/catalog/sense_power/FM89/SC1448/PF252427

Datasheet :

<http://www.st-japan.co.jp/st-web-ui/static/active/jp/resource/technical/document/datasheet/D000037200.pdf>

USB-UART 変換 IC

マイコンが持つ UART 機能（シリアル通信ポート）を USB 経由で利用する為の USB-UART 変換 IC です。FTDI 社の FT232RL を使用しています。シリアルポート切り替えジャンパーが適切に接続されていれば、プログラム上で記述した UART 出力を PC 側で確認する事が出来るようになります。チップの詳しい仕様やデバイスドライバは FTDI 社の Web ページからダウンロードしてください。

URL :

<http://www.ftdichip.com/>

ドライバーダウンロードページ :

<http://www.ftdichip.com/FTDrivers.htm>

シリアルポート切り替えジャンパー

オンボード CPU と接続されている UART 信号を USB-UART 変換 IC (FT232RL) に接続するかどうかを選択するためのジャンパーです。各ピンの接続先を図 3 に示します。なお、ピン 5、6 については互換性の為に残っていますが現在は何処にも接続されていません。

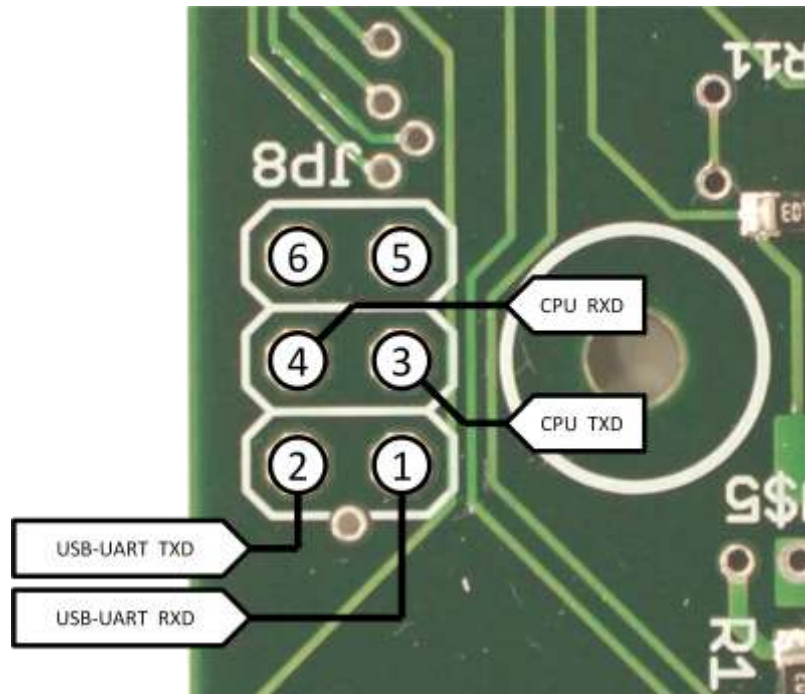


図 3 シリアルポート切り替えジャンパー接続図

ジャンパーを図 4 のように接続すると、オンボード CPU の UART 端子が USB-UART 変換 IC に接続されます。UART 経由でプログラムを書き込む場合には必ずジャンパーを図 4 のように設定してください。

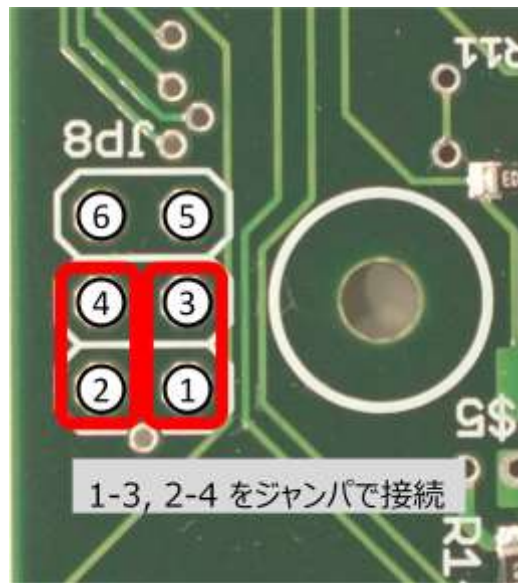


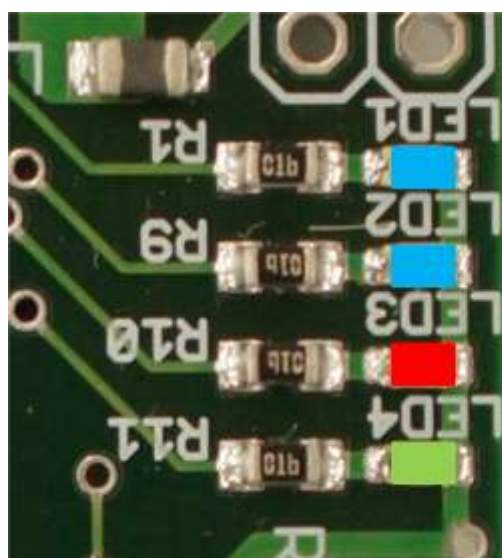
図 4 USB-UART 変換回路利用時のジャンパー設定

電源スイッチ

基板をバッテリー駆動させる際に電源の ON/OFF を切り替えるスイッチです。マイクロ USB 端子にケーブルを接続し、電圧を与えている間はこのスイッチの ON/OFF に関係なく常時電源が ON になります。

LED (PWR LED、CHG LED、USER LED0 USER LED1)

PWR LED は電源が ON 状態になっており、基板の初期化が終わった時点で点灯します。色は緑色です。 CHG LED はリチウムポリマーバッテリーの充電状態を表す LED として利用されます。色は赤色です。 非充電時、リチウムポリマーバッテリーの電圧が下がりすぎた場合にはこの LED が点滅します。 PWR LED と CHG LED はソフトウェアで駆動されており、基板と同時に提供されている SDK のシステムプログラムと呼ばれる共通プログラム内で操作されています。 USER LED0/1 については、ソフトウェア開発者がソフトウェア側から自由に利用可能な LED です。色はいずれも青色です。図 5 にそれぞれの LED の位置を示します。



USER LED1(青)
 USER LED0(青)
 CHG LED(赤)
 PWR LED(緑)

図 5 LED 配置図

スイッチ（SW0～SW2）

これらのスイッチはミニ四駆制御基板用ソフトウェアから利用可能なスイッチです。図 6 にスイッチの配置図を示します。

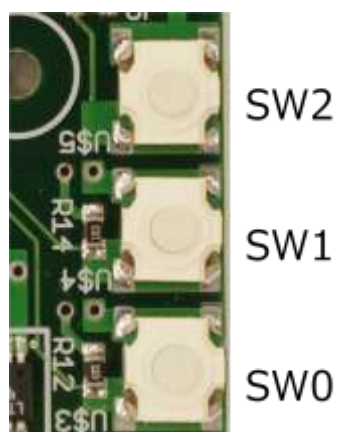


図 6 スイッチ配置図

マイクロ USB ポート

このマイクロ USB 端子はミニ四駆制御基板を動かすための電源（+5V）を供給するために利用されます。また、USB-UART 変換機能を利用している場合にはこのポートが USB-UART 変

換デバイスとして PC 等から認識されます。リチウムポリマーバッテリーを接続している場合には、このポートに与えられた電力からバッテリーが充電されます。

GPIO/ADC 拡張端子

ユーザプログラム側から操作可能な拡張端子です。3 ピン 1 セットになっており、端子のアサインは図 7 に示す通りです。 信号ピン①②③④はソフトウェアでデジタル入力端子、デジタル出力端子、アナログ入力端子にそれぞれ変更可能です。

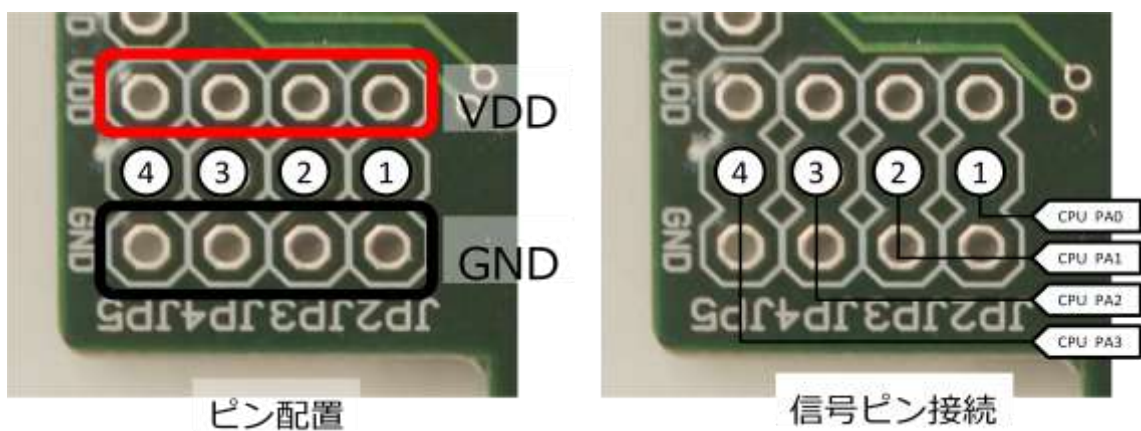


図 7 GPIO/ADC 拡張端子 接続図

I2C 拡張端子

ボードの機能を拡張するための用意された I2C ポートです。3 ピン 1 セットになっており、端子のアサインは図 8 に示す通りです。 I2C バスは制御基板に標準で搭載されている LSM330DLC が接続されているバスと同じバスに接続されています。このため、実際にユーザ側で拡張する場合には LSM330DLC との通信に干渉しない形での実装を行うか、LSM330DLS の通信タイミングを自分で調停する必要があります。

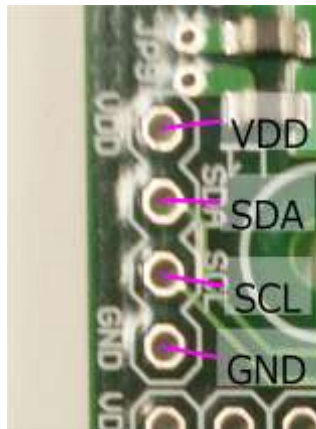


図 8 I2C 拡張端子 ピン配置図

プログラム書き込み端子

オンボードマイコンである Atmel Xmega 32E5 プログラミング用端子です。PDI 接続に対応したプログラマを接続して直接マイコンのフラッシュの書き換えやデバッグ機能を使用できます。図 9 に端子のアサインを示します。実際に使用するプログラマに合わせて配線を行ってください。

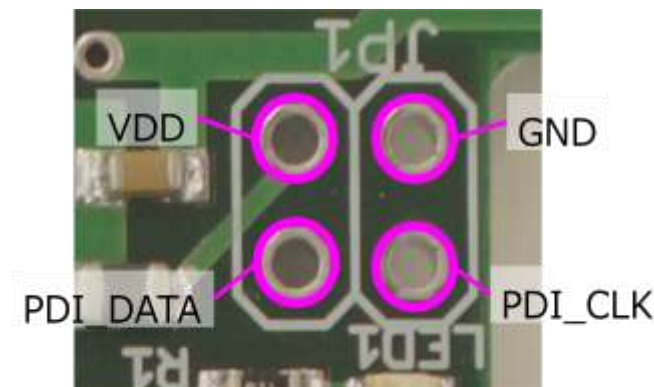


図 9 プログラム書き込み端子 ピン配置図

マイクロ SD カードスロット

ミニ四駆制御基板では、マイクロ SD がソフトウェア上からストレージとして使用可能です。ログデータの収集やパラメータの読み込みと言った機能を実装する際に使用します。

バッテリー接続端子

リチウムポリマーバッテリーを接続する為の接続端子です。極性を間違えると回路が破損するだけでなくポリマーバッテリーが発火すると言った事故が起こる可能性がある為十分に注意してください。図 10 にリチウムポリマーバッテリーを接続する極性を示します。各種バッテリーに対応するため、2.54mm ピッチの穴と、2mm ピッチの穴の両方を用意しています。

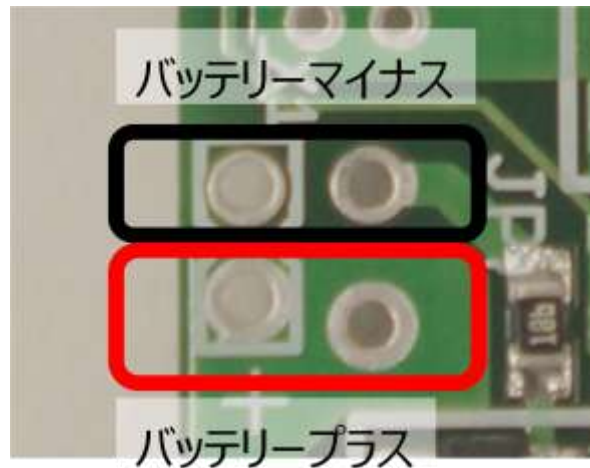


図 10 バッテリー接続端子 ピン配置図

ミニ四駆接続端子

図 11 にミニ四駆との接続端子のピン配置図を示します。この端子はミニ四駆のモーターに直接電力を伝える端子になる為、コネクタを利用するよりも直接半田付けする事を推奨しています。これはコネクタの接触抵抗による電力ロス为了避免するためです。

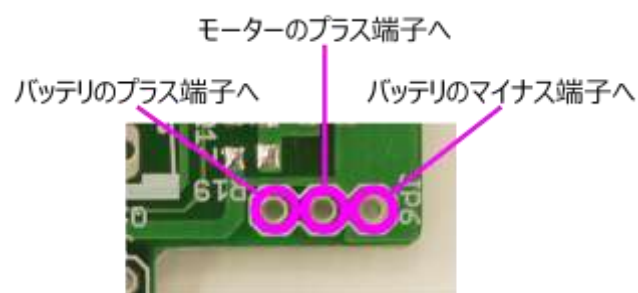


図 11 ミニ四駆接続端子 ピン配置図

モーター駆動用 FET

ミニ四駆のモーターを駆動するための P-Ch FET です。各端子のアサインを図 12 に示します。

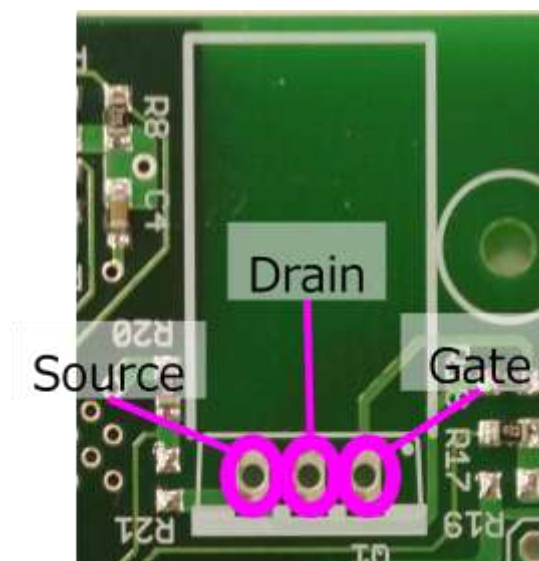


図 12 モーター駆動用 FET ピン配置図

ミニ四駆制御基板は、この FET が未実装の状態を提供されます。これは、使用するモーターによって流れる電流量が違うために、使用するモーター毎に都合のよい FET が異なるためです。部品選定にあたっては、導通時のドレイン - ソース間の抵抗値（ON 抵抗）が小さいものを選ぶことが望ましいです。パッケージサイズは TO-220、ゲート電圧が 0V(ON)/3V(OFF)程度で駆動可能な P-Ch FET を選定する必要があります。Tips として FET を 2 個並列に接続するという使い方があります。こうする事で FET を 1 つだけ使用する場合に比べて約 2 倍の電流をモーターに供給する事が可能になります。

各モーターに対して最適な FET の選定は現在研究段階であり、本ドキュメント執筆時点で全てのモーターに対する FET を紹介する事は無理がある為 GitHub 等を通じて FET とモーターの相性情報などを共有していく予定です。

組み立て方法

モーター駆動制御系

モーター駆動用の **FET** の取り付けと、ミニ四駆との接続部分を組み立てます。

FET の取り付け

図 13 に **FET** の取り付け方向を示します。TO-220 パッケージを基準に書くと、放熱面（シルク印刷などが無い面一になっている面）が手前に来るように差し込みます。



図 13 FET 取り付け向き

FET の足を折り、基板に密着するように取り付ける事で放熱効率を上げ、高負荷状態での安定動作を狙えます（図 14）。



図 14 足を折って取り付けた例

マシンのトルクが十分に出ない場合、**FET** での失損が大きくなっている可能性が考えられます。この場合、**FET** を他のモノに変更する、2 個並列に半田付けする等の対応を行う事で改善する事があります。

ミニ四駆接続用コネクタの作成

ミニ四駆との接続は、モーターのプラス極、電池プラス極、電池マイナス極 の3か所へ接続するとともに、元々ミニ四駆側で接続されているモータープラス極と電池プラス極を絶縁する必要があります。図 15 に、ミニ四駆の電装系と改造後の電装系の回路図を示します。

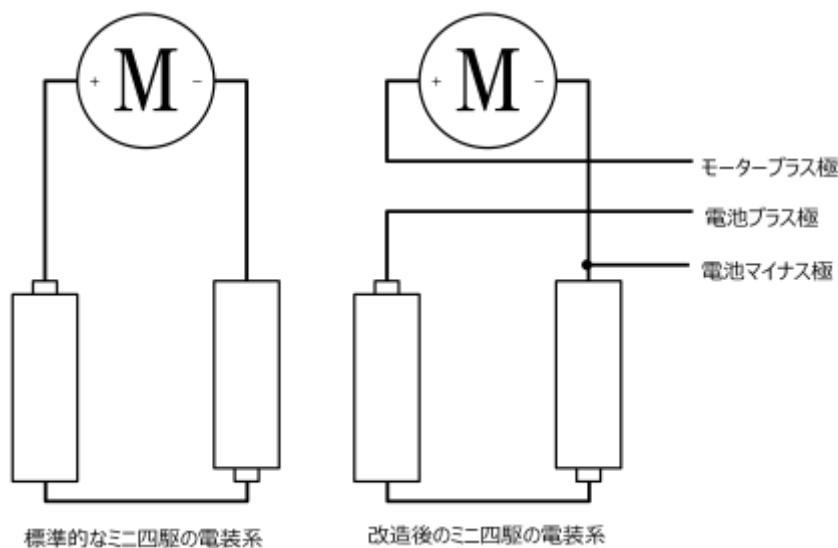


図 15 電装系回路図

この改造を実現するために、図 16 で示すようなコネクタを作成します。

1. 0.1mm厚の銅板で端子を3枚作る



2. 2枚を絶縁シートを挟んで接着する

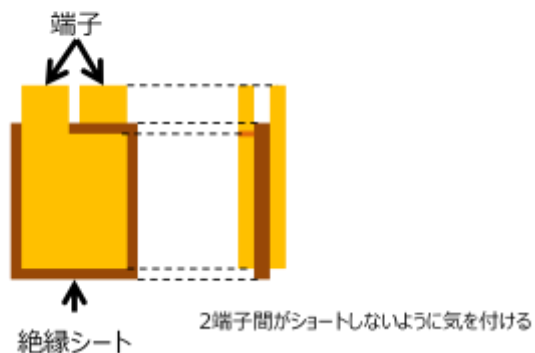


図 16 ミニ四駆接続端子 模式図

この端子は、電池ボックスのプラス極とマイナス極に差し込んで使用します。使用時のイメージを図 17 に示します。なお、実際の使用にあたっては図 15 の回路相当の電装系が実現できればどのような方法で接続しても構いません。また、この接続端子が十分に電池やモーターの端子と密着していない場合、接触抵抗による電力失損が大きくなる場合があります。

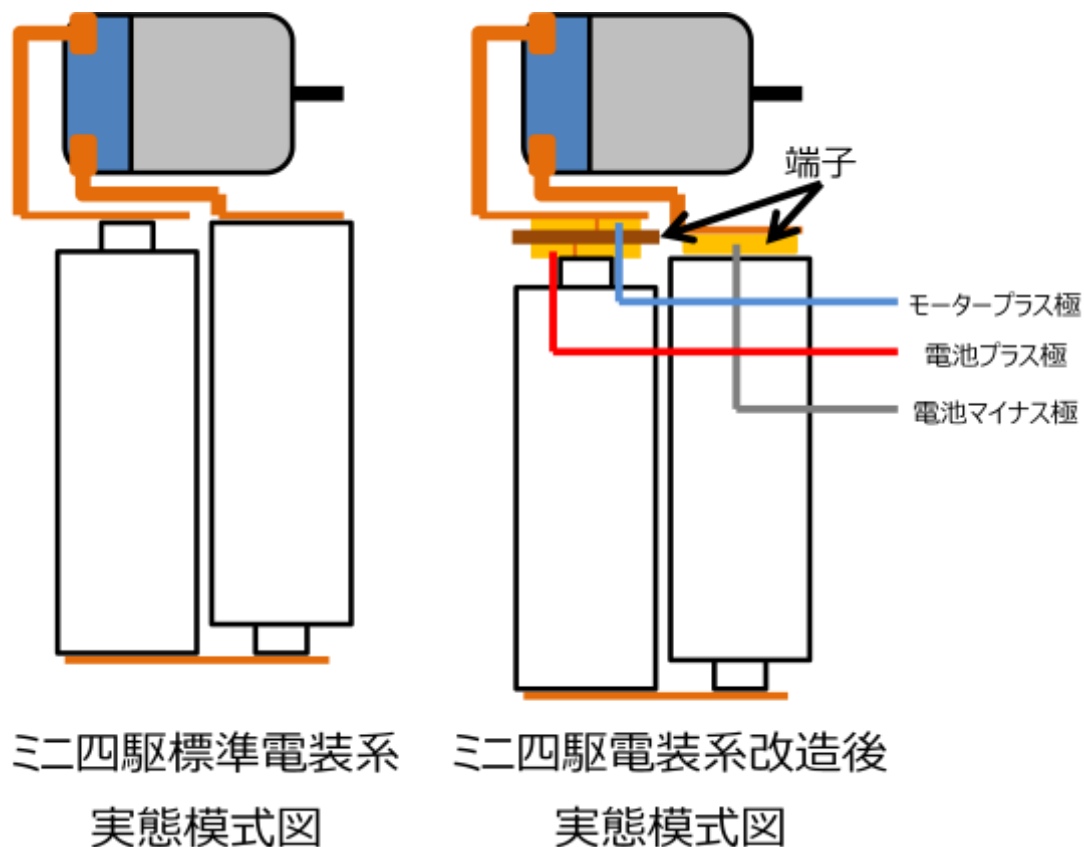


図 17 ミニ四駆電装系実態模式図

実際に作成した端子の写真を図 18 に示します。実際の作成にあたってはシャーシの形状などによっては取り付けが困難な場合がある為、実際に使用するマシンに合わせて形状を工夫する等の対策を講じてください。



図 18 端子作成例

ミニ四駆接続部へのケーブル取り付け

ミニ四駆接続端子にケーブルを取り付けます。ここで使用するケーブルは電力失損を避けるために太めのより線を使用してください。AWG22 前後の太さを推奨します。図 11 に各端子が回路上のどの部分に接続されるべきかが示されています。図 19 に実際に配線した例を示します。

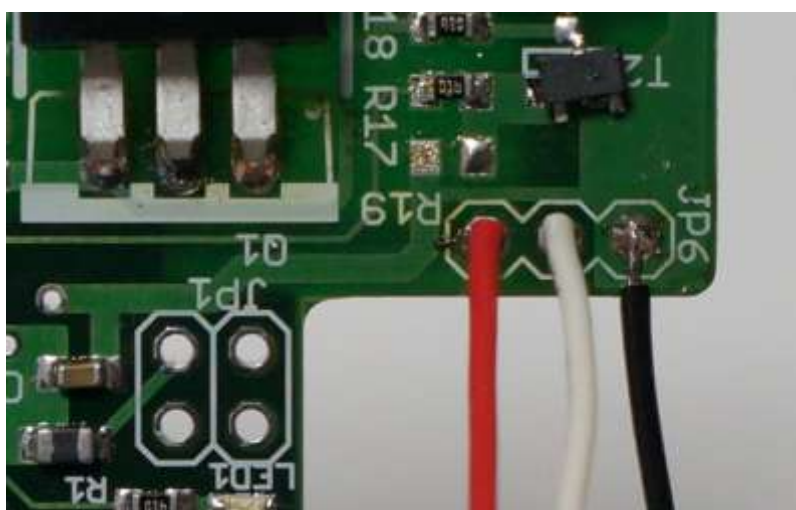


図 19 ミニ四駆接続端子取り付け例

図 19 の例では、電池のマイナス極に接続されるべきリード線は、端子の穴に通さずに端子の上に乗せてあります。この取り付け方は、例えば太いケーブルを使用する際に穴に通す事が困難な場合等に使用できます。両面スルーホール端子になっている為、表裏どちらに半田付けしても動作します。

リチウムポリマーバッテリーの利用

リチウムポリマーバッテリーを使用する為にバッテリー接続用のコネクタを基板に取り付けます。図 10 で示されている極性を間違えないようにコネクタを接続します。2.54mm ピッチの穴にコネクタを接続した例を図 20 に示します。

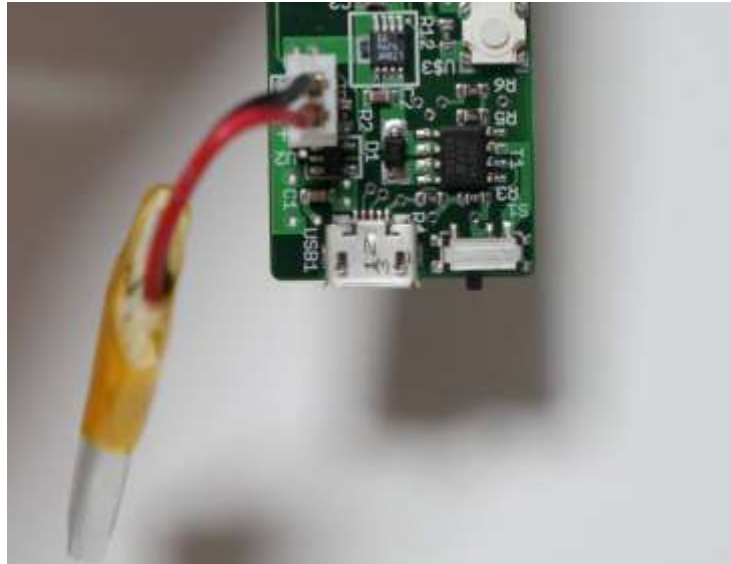


図 20 リチウムポリマーバッテリー接続例

UART 通信の利用

PC とマイコンを UART (シリアル通信) で接続する為に、UART 接続切り替えジャンパー用のピンヘッダを基板に取り付けます。ジャンパーの使用例は図 4 で示した通りです。図 21 に図 4 で示した USB-UART 変換 IC を使用する際の例を示します。

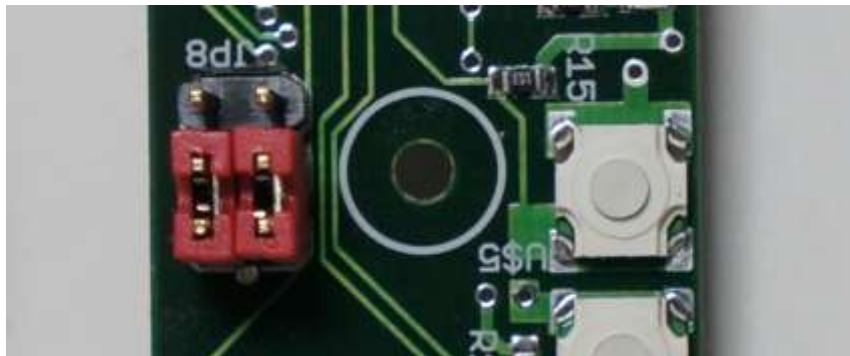


図 21 UART 接続切り替えジャンパー設定例

マイコンプログラム書込み端子

マイコンのフラッシュにプログラムを書き込む為に、プログラム書込み端子を取り付けます。
取り付け後の使用方法については、図 9 を参照してください。

拡張の為のヒント

(TBD)