

2007/08/03

USB 小型電源装置

組み立て、取り扱い説明書

Rev 1.10

目次

はじめに.....	3
組み立て.....	3
ドライバのインストール.....	6
USB-シリアルチップの設定.....	6
PC制御ソフトのインストール.....	7
調整.....	8
使用法.....	9
ソフトウェアアップデート.....	11
トラブル・質問など.....	12
回路、動作の説明.....	13
制御コマンドについて.....	17
その他.....	19
オープンソース、改造等について.....	20

改訂履歴

Rev	Date	Remarks
1.00	2007/07/23	初版
1.01	2007/07/24	IC 挿入時の注意事項(ICの向き)を追記。
1.10	2007/08/03	オンボードファームウェア更新手順を追記。

はじめに

本機は USB を搭載した PC と接続して使用する小型電源装置で、以下の特徴があります。

- ✓ 最大電圧 20V、最大電流 1A の範囲で、1.5W(USB バスパワー時)、6W(アダプタ給電時)の出力容量
- ✓ 定電圧制御(CV)、定電流制御(CC)機能
- ✓ PC による出力電圧と電流の設定、モニタリング機能

重たい安定化電源をデスクトップに用意することなく、ちょっとした電子工作や実験に使えます。机の引き出しに入れておくと重宝すると思います。

定電流制限機能がありますので、出力短絡しても全く問題ありません。USB 直結と違って PC を壊す心配もなく、安心して実験できます。

組み立て

組み立て前の注意事項です。作業前に一読願います。

- ✓ スルーホールガラス両面基板を使っていますので、一度半田付けした部品を取り外すのは結構難しいものがあります。間違えないように作業を進めてください。
- ✓ ベタ GND は熱容量が大きいため、コテで十分に熱して半田を流し込んでください。
- ✓ 小型の抵抗を使用しているため、カラーコードが見にくくなっています。不安な場合はテスタで確認することをおすすめします。
- ✓ 原則的に半田付けは背の低いものから開始してゆきます。
- ✓ 電解コンデンサ、ダイオード、FET、IC、コネクタには向きがあります。抵抗、セラミックコンデンサ等には向きはないのですが、揃えると確認しやすくなります。
- ✓ MOS 型の半導体類は静電気に弱いため、取り扱いに注意が必要です。

□ チップ部品の半田

- ✓ チップ部品は予め半田付けされている場合があります。
- ✓ チップ部品の手半田は非常に細かい作業で、半田ごて、半田ともに細いものが必要で、フラックス、半田吸い取り線、ルーペは必須です。
- ✓ チップ部品は静電気に弱い MOS-IC であっても最初に取り付けます。(後では取り付け困難となるため。)
- ✓ 部品取り付け後は静電気に対し注意が必要となります。
- ✓ C2 の 0.1uF だけは半田面 (基板裏) に取り付けます。

U2 FT232RL	R7 0.04 (40mΩ)	C2 0.1uF
------------	----------------	----------

- 1 / 4 ワット小型抵抗の半田

<input type="checkbox"/> R1 10k (茶黒橙金)	<input type="checkbox"/> R2 100k (茶黒黄金)	<input type="checkbox"/> R3 100k (茶黒黄金)
<input type="checkbox"/> R4 1k (茶黒赤金)	<input type="checkbox"/> R5 6.8k (青灰赤金)	<input type="checkbox"/> R6 1k (茶黒赤金)
<input type="checkbox"/> R8 1.5k (茶緑赤金)	<input type="checkbox"/> R9 10k (茶黒橙金)	<input type="checkbox"/> R10 10k (茶黒橙金)
<input type="checkbox"/> R11 820 (灰赤茶金)	<input type="checkbox"/> R12 1k (茶黒赤金)	<input type="checkbox"/> R13 1k (茶黒赤金)
<input type="checkbox"/> R14 470 (黄紫茶金)	<input type="checkbox"/> R15 30k (橙黒橙金)	<input type="checkbox"/> R16 470 (黄紫茶金)
<input type="checkbox"/> R17 330 (橙橙茶金)	<input type="checkbox"/> R18 330 (橙橙茶金)	<input type="checkbox"/> R19 100 (茶黒茶金)

- セラミックコンデンサ (積層セラミックコンデンサ) の半田

- ✓ 20pF は 22pF の場合があります。

<input type="checkbox"/> C1 0.1uF (104)	<input type="checkbox"/> C3 0.1uF (104)	<input type="checkbox"/> C5 0.1uF (104)
<input type="checkbox"/> C9 0.1uF (104)	<input type="checkbox"/> C11 0.1uF (104)	<input type="checkbox"/> C12 1000pF (102)
<input type="checkbox"/> C13 0.1uF (104)	<input type="checkbox"/> C14 0.01uF (103)	<input type="checkbox"/> C16 20pF (20)
<input type="checkbox"/> C17 20pF (20)	<input type="checkbox"/> C19 0.1uF (104)	<input type="checkbox"/> C20 0.1uF (104)

- IC ソケットの半田

<input type="checkbox"/> U1 20pin	<input type="checkbox"/> U3 8pin	<input type="checkbox"/> U4 8pin
-----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

- ダイオードの半田

- ✓ 31DQ6 は 30DQ4 などの場合があります。
 ✓ 11EQS10 は 11EQS06 などの場合があります。
 ✓ ボディーは 1N4007 のほうが 11EQS10 より長いです。

<input type="checkbox"/> D1 30DQ6	<input type="checkbox"/> D2 11EQS10	<input type="checkbox"/> D3 1N4007
-----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

- マイクロインダクタ、クリスタル、LED、ポリスイッチ等の半田

- ✓ マイクロインダクタは緑色の抵抗類似形状で、3色コードです。
 ✓ LEDは基板内側 (PIC マイコン側) がアノード (足が長い) です。
 ✓ TL431 はトランジスタ形状 (TO92) です。
 ✓ ポリスイッチはセラミックコンデンサ類似のマスタード色の部品です。
 ✓ ポリスイッチのリードキンク処理 (折り曲げ) GND パターンに接触しないよう少し浮かせると良いと思います。

<input type="checkbox"/> L1 47uH (黄紫黒)	<input type="checkbox"/> X1 20MHz	<input type="checkbox"/> LED1 緑
<input type="checkbox"/> LED2 赤	<input type="checkbox"/> REF1 TL431	<input type="checkbox"/> SW1 タクトスイッチ
<input type="checkbox"/> F1 1.85A (185)	<input type="checkbox"/> F2 0.65A (065)	<input type="checkbox"/> VR1 300
<input type="checkbox"/> VR2 100		

- コネクタの半田

<input type="checkbox"/> CN1 DC ジャック	<input type="checkbox"/> CN2 USB ジャック	
--------------------------------------	---------------------------------------	--

- 電解コンデンサの半田

- ✓ 16V のものは 25V の場合があります。
- ✓ C7 はダイオード側が+です。C4 の+と間違いやすいので注意してください。

<input type="checkbox"/> C4 220uF/25V	<input type="checkbox"/> C6 100uF/16V	<input type="checkbox"/> C7 1000uF/25V
<input type="checkbox"/> C8 3300uF/6.3V	<input type="checkbox"/> C10 10uF/16V	<input type="checkbox"/> C15 10uF/16V
<input type="checkbox"/> C18 10uF/16V	<input type="checkbox"/> C21 100UF/16V	

- FET の半田

- ✓ FET は型番印字面がトランス側になります。

<input type="checkbox"/> Q1 2SJ471	<input type="checkbox"/> Q2 2SK2936	
------------------------------------	-------------------------------------	--

- トランス、ターミナルの半田

- ✓ トランスのリードをニッパーで切断すると、盛大に飛びますので注意してください。

<input type="checkbox"/> T1 専用トランス	<input type="checkbox"/> + 陸式端子 (赤)	<input type="checkbox"/> - 陸式端子 (黒)
------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

- IC の挿入

- ✓ U1 はプログラム書き込み済みを示すラベルが貼ってありますが、ラベルはプリント基板の文字に対して逆になりますのでご注意ください。IC の切り欠きはすべて出力端子側を向きます。

<input type="checkbox"/> U1 PIC16F819-I/P	<input type="checkbox"/> U3 OP07CP	<input type="checkbox"/> U4 LTC1144CN8
---	------------------------------------	--

- 基板完成後の確認

基板完成後は以下のチェックを行います。

- ✓ 部品の種類、値、方向
- ✓ 半田ブリッジなど
- ✓ VCC-GND が短絡していないかは最低限チェックしておくといいでしょう。

ドライバのインストール

以下の URL よりドライバをダウンロードし、ファイルを解凍しておきます。

<http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm>

本機を PC の USB ポートに接続し、ドライバのインストールを要求されたら、解凍したフォルダを指定してインストールを行います。

本機は USB-シリアル変換チップを用いていますので、PC からはシリアルデバイスに見えます。デバイスマネージャでは次のように USB Serial Port と表示されます。



USB-シリアルチップの設定

本機は USB バスパワーデバイスで、PC から USB 規格最大の 500mA の給電を受ける必要があります。USB-シリアル変換チップは出荷時の消費電流が 90mA にプログラムされていますので 500mA に変更します。

以下の URL より、MProg というユーティリティをダウンロードし、PC にインストールします。

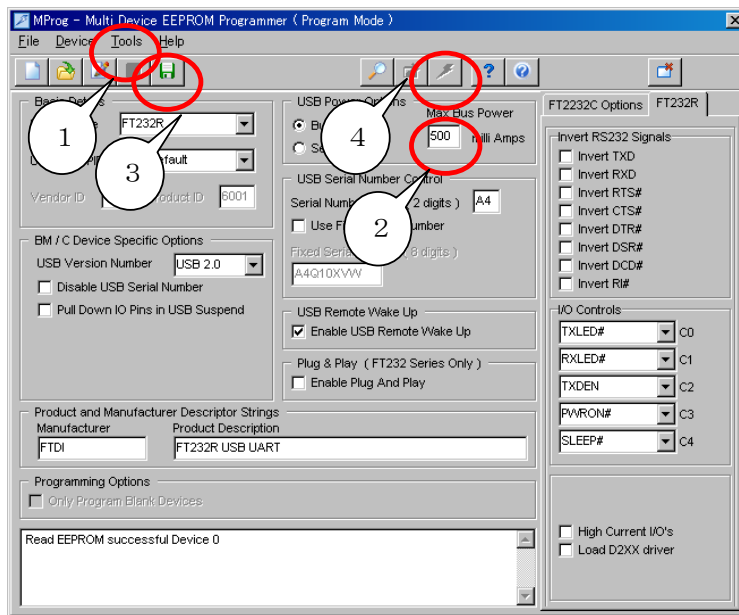
<http://www.ftdichip.com/Resources/Utilities.htm#MProg>

MProg 起動後次の操作を行います。

- ✓ Tool メニューから Read & Parse を選択してデバイス情報を読み出します。
- ✓ ダイアログ中の Max Bus Power 値を 500mA に変更します。
- ✓ このままではなぜか書き込みができませんので、いったんフロッピーボタンをクリックして設定保存します。保存後、書き込みボタン (稲妻) がアクティブになります。
- ✓ 書き込みボタンをクリックして設定をデバイスへ書き込みます。

書き込み後、USB ケーブルをいったん外してデバイスを再認識させると PC から 500mA デバイスとして認識されます。

なお、電流値以外の設定は変更しないようにしてください。



PC制御ソフトのインストール

以下の URL より PC 制御ソフトをダウンロードし、ファイルを解凍しておきます。

<http://www.momose.com/hirofumi/elec/usbpsu/>

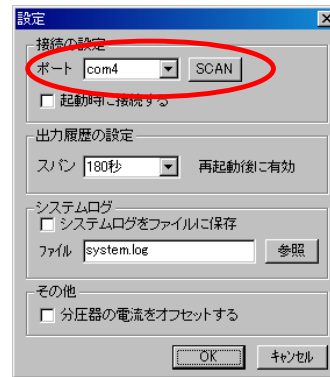
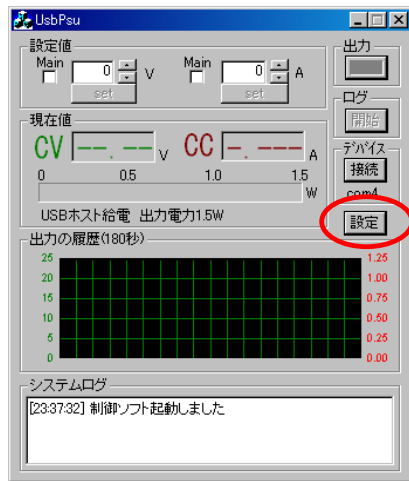
PC 制御ソフトは EXE ファイル 1 個のため一般的なソフト同様のインストール作業は必要ありません。任意のディレクトリに EXE ファイルを移動するだけです。

起動後、EXE ファイルと同じディレクトリに設定ファイル(.ini)を作成します。レジストリは使用していません。

□ 初期設定

本機は PC からシリアルポートとして認識されますので、ポートの設定を行います。

- ✓ PC 制御ソフトを起動し、「設定」ボタンをクリックします。
- ✓ 設定ダイアログの「SCAN」ボタンをクリックすると本機が接続されているポートをスキャンして自動設定します。PC の他のシリアルポートやモデムが干渉して自動設定が失敗する可能性もありますので、その場合はデバイスマネージャで接続されているポート番号を確認して手動設定してください
- ✓ 「OK」ボタンをクリックすると、設定が反映され、ini ファイルへ記録されます。
- ✓ 「デバイス」欄の接続ボタンをクリックして接続を確認します。接続が成功すると、システムログに「接続しました」が表示されます。



調整

調整にはテスタ（1 A 以上の電流測定レンジを備えるもの）と、用意できれば抵抗（1 Ω、1 W 程度、または同程度の負荷）を用意します。

PC 制御ソフトを起動し、デバイス欄の接続ボタンをクリックして接続します。

出力の設定については次章の使用法を参照ください。

□ 電圧の調整

次の手順により出力電圧を調整します。

- ✓ テスタを電圧測定レンジにして出力端子に並列接続します。
- ✓ 設定値の電圧を 20V にセットし、Main をチェックします。
- ✓ 直下の set ボタンをクリックします。
- ✓ 出力ボタンをクリックします。
- ✓ 基板上的 CV という LED（緑）の点灯を確認します。
- ✓ テスタの指示が 20V となるように VR1 をセットします。

□ 電流の調整

次の手順により出力電流を調整します。

- ✓ 出力端子と直列に抵抗（用意した場合）テスタ（電流レンジ、1 A 以上）を接続します。
- ✓ 設定値の電流を 1A にセットし、Main をチェックします。
- ✓ 直下の set ボタンをクリックします。
- ✓ 出力ボタンをクリックします。
- ✓ 基板上的 CC という LED（赤）の点灯を確認します。
- ✓ テスタの指示が 1A となるように VR2 をセットします。

□ 電流調整に抵抗を使う理由

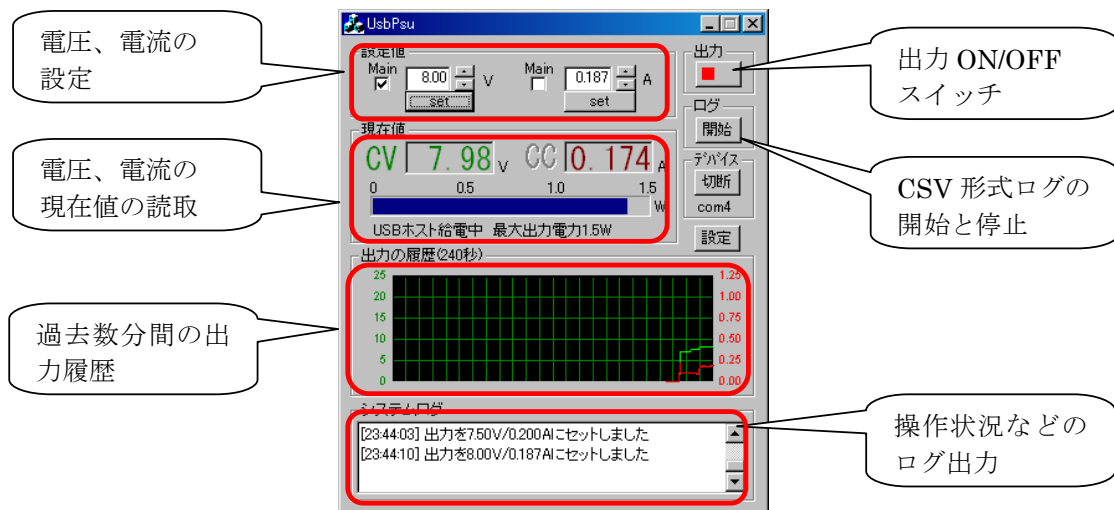
出力が完全に短絡されると、電氣的に出力側の平滑コンデンサが無い状態となるため、リップルが非常に大きくなります。

調整時の精度をあげるために、抵抗を使ってある程度電圧が生じるようにします。

なお、抵抗なしでもテストが平均値応答をしますので調整可能ですが、誤差が大きくなります。

使用方法

本機は PC と共に使用することを前提にしており、制御は基本的に PC から行います。例外として基板上に出力スイッチを用意しており、出力 ON/OFF の操作ができます。



□ 電圧、電流の設定

- ✓ 「設定値」欄に希望する出力電圧(0~20V)、電流値(0~1A)をセットします。
- ✓ 分解能は電圧 20mV、電流 1mA です。これより細かい値は丸め込まれます。
- ✓ 「Main チェックボックス」をチェックしておくと、許容される出力電力で他方を自動セットします。たとえば、USB 給電中は 1.5W が最大許容電力となるため、電圧側の Main をチェックして 5V をセットすると、電流側は 0.3A が自動セットされます。アダプタ給電中は 6W が許容電力になるため、電力から計算すると 1.2A になりますが、本機的能力は 1A までなので 1A がセットされます。
- ✓ 「set」ボタンをクリックすると反映されます。
- ✓ 許容する電圧、電流、電力を超える設定を行うと、設定値欄が黄色になり、反映されません。

- 電圧、電流の現在値の読取
 - ✓ 「現在値」欄に現在の出力電圧、出力電流が表示されます。
 - ✓ 分解能は電圧側が 20mV、電流側が 1mA です。
 - ✓ 「CV」は定電圧動作を示し、「CC」は定電流動作を示します。
 - ✓ バーに出力電力が、バー直下には給電状況が表示されます。
 - ✓ 読み取りの更新頻度は 0.5 秒です。

- 出力の履歴
 - ✓ 過去数分間の出力電圧、電流がグラフ表示されます。
 - ✓ 緑色は電圧を、赤色は電流を示しています。
 - ✓ 履歴のスペンは「設定」で変更できます。(60,120,180,240 秒より選択)

- ログ機能
 - ✓ 設定値、現在値などを CSV 形式でファイルに記録できます。
 - ✓ レコード間隔は 1 秒～1 時間の範囲で設定できます。
 - ✓ CSV の形式は次のとおりです。

YY/MM/DD hh:mm:ss, vset, aset, mode, vnow, anow

シンボル	内容
YY/MM/DD hh:mm:ss	タイムスタンプ
vset	電圧設定値
aset	電流設定値
mode	出力モード “CC” または” CV” または”OFF”
vnow	出力電圧値
anow	出力電流値

- ✓ 長時間グラフ作成などは CSV を Excel で処理すればうまくいきます。
- システムログ
 - ✓ 各種操作などが表示されます。
 - ✓ 「設定」でこの内容をファイルに記録できます。

□ 定電流のうまい使い方

自作した機器などはあらかじめ消費電流が予想できる場合がほとんどです。たとえば 5V で 100mA くらい消費する回路を作ったとします。この場合は出力を 5V、200mA 程度にセットして使用します。仮に回路にミスがあったとしても定電流制御で 200mA 以上は流れず、出力電圧も低下しますので回路のダメージは最小限ですみ、ほとんどの場合は「助かる」と思います。これを定電圧オンリーの電源でやると、大きな電流が流れてダメージが大きくなります。

ただし、あまり電流値を小さくしすぎると、起動時の突入電流が供給できずに電圧低下をおこし、回路が起動しない場合があります。

□ AC アダプタ

アダプタ給電を行うと、出力は 6 W まで拡大されます。次のアダプタを使用してください。

- ✓ 5V, 2A 以上供給できるものを使用してください。
- ✓ センターピンはプラスで、φ2.1 のサイズです。
- ✓ 異なる極性、電圧のアダプタを接続すると壊れます。
- ✓ 秋月の 5V, 2A アダプタは小さくお奨めです。

□ その他

- ✓ 設定ダイアログの「分圧器の電流をオフセットする」をチェックすると、出力電圧測定に分圧抵抗に流れる電流を引いた結果を現在値に表示します。
- ✓ ソフトウェアを終了しても、電源出力は OFF になりません。

ソフトウェアアップデート

- ✓ ソフトウェア (PC 制御ソフト、マイコンファーム) を更新した場合は Web 上で公開いたします。
- ✓ ファームウェアバージョン 1.10 以上、PC 制御ソフトバージョン 1.0.1.0 以上からファームウェア更新機能が備わっていますので、ライター無しでも更新できます。
- ✓ 上記以外のバージョンを使用している場合は、ライターにて書き込んでください。
- ✓ ライターは秋月電子の「AKI-PIC プログラマー Ver.4」が使用できます。
(Ver3.5 だけでは書き込み不可能)
- ✓ ライターが無い方はマイコンのみ有償頒布いたします。

□ オンボードファームウェア更新手順

ファームウェア更新に失敗しても更新作業の再トライができるよう、マイコン側のファームウェア更新プログラム (ダウンローダー) は電源制御プログラムと独立しています。このため、次の手順でマイコン側の更新プログラムを起動し、更新を実施してください。

- ✓ デバイスから一旦すべてのケーブルを外し、10 秒以上待ちます。すぐに接続すると、コンデンサがチャージしているためパワーオンリセットがかかりません。
- ✓ **OUTPUT** スイッチを押したまま **USB** ケーブルを接続し、**CV(緑)LED** が点滅するまで **OUTPUT** スイッチを押し続けます。点滅したらスイッチを戻します。
- ✓ **PC** 制御ソフトではデバイスの **COM** ポートを正しく設定しておきます。
- ✓ システムメニュー(タイトルバーのアイコンをクリックすると出現するリストダウン) からファームウェア更新を選びます。
- ✓ デバイス側の起動手順通知が出ますので、既の実施していれば **OK** を押して進みます。
- ✓ ファームウェアの **HEX** ファイルを選択し、更新ボタンを押してファームウェアを転送してください。フラッシュメモリにアクセスするとデバイスの **CC(赤)LED** が点滅します。
- ✓ 転送が完了すると、デバイス側の更新された本体プログラムが起動します。

トラブル・質問など

- ✓ 本機に関して不明な点がある場合は、hirofumi@momose.com まで電子メールにて質問を送ってください。
- ✓ 制御ソフトから電源に接続出来ない場合、デバイスマネージャでシリアルポートが存在しているか確認してください。次に、ハイパーターミナルなどの端末ソフトで該当のポートへ接続し、本機の適当なコマンドを打って応答を確認します。接続条件、コマンドは本書のコマンド仕様に掲示しております。
- ✓ 電力不足などのメッセージが表示される場合、本機が **USB** 高電力対応ポートに接続されているか確認を行ってください。

回路、動作の説明

□ ハードウェア

本機の電源としての基本方式はフライバック型スイッチング電源で、もう一つの代表的な方式であるフォワード型より部品点数が少ない（特にチョークコイルが省略できる）点で採用しています。一般的に大電力(100W以上)はフォワード型、小電力はフライバック型が多く使われます。(ACアダプタなどはフライバック型の一つであるRCC方式がほとんどです。)

フライバック型のトランスは通常のトランスと全く異なる動作をしています。つまり、相互誘導を用いないため、厳密な定義ではトランスでなく相互インダクタといえます。しかしながら、部品として一般にトランスと言われます。

このトランスの動作は次のようになります。一次側のFETがONになると、二次側回路に相互誘導によって電圧が生じますが、このときダイオードは逆バイアスで導通せず、二次側は無いのと同じです。一次側の電流によりトランスのコアは励磁され、磁気エネルギーが蓄積されます。一次側FETがOFFになると、磁束は減少をはじめ、二次側に誘導される電圧は反転してダイオードが導通するので出力が取り出せます。これをコンデンサで平滑してDC出力としています。

出力電圧を調整するためには、PWMのデューティ比か、周波数のどちらかを制御することで実現できます。本機ではPWMのデューティ比を制御しています。

PWMと出力状況を測定するためのA/Dコンバータが内蔵されたワンチップマイコン(PIC16F819)を用いており、フィードバック制御はソフトウェアで行っています。

ソフトウェアからマイコンのPWMレジスタにデューティ値を書き込むと相応のパルス幅が出力され、パワーMOSFET(Q2)をスイッチングしています。PWMの動作周波数は約19.5kHzで、SW電源としては低めです。しかし、これは使用しているマイコンのPWM最高周波数です。マイコンを最高の周波数で駆動するために、マイコン内蔵の8MHzオシレータを使わず、20MHzのクリスタルを用いています。

出力電圧、電流を設定値にあわせるため、現在値をマイコンのA/Dコンバータで読み取ります。A/Dコンバータの変換精度を確保するため、基準電圧源にTL431(REF1)を用いています。

ADコンバータの入力範囲は0V~2.5Vとなるため、電圧側は分圧抵抗(R5, R11, VR1)を使ってA/D入力へ接続しています。一方、電流側はシャント抵抗(R7)が40mΩしかないため、1A流しても40mVしかバートン電圧が発生しませんし、アースポイントの関係でマイナス方向の電位になります。このため、オペアンプを使って約60倍に電圧増幅を行い、マイコンの入力とあわせています。ここで用いているオペアンプは40mVという比較的小さい電圧を取り扱うため、オフセットの小さい(Typ 60uV)OP07(U3)を用いています。オペアンプで負~0V付近の電圧を扱うため負電源が必要であり、これは電圧コンバータ

LTC1144(U4)により発生しています。

AD コンバータで測定された電圧値、電流値はマイコン内部のレジスタにある設定値と比較され、差が小さくなるよう PWM レジスタが制御されます。これら基本制御は後述のソフトウェアで行っています。

USB ホストが供給できる最大電力は 5V, 500mA に制限されるため、本機は外部電源供給も可能となっています。外部電源が USB 側に逆流しないよう、ダイオード(D2)を挿入していますが、USB 供給時にはこのダイオードの順方向電圧ドロップがそのまま損失になるため、このダイオードはショットキバリア型を用いています。外部電源供給時は主回路への USB 給電を切るため、パワーMOSFET(Q1)を OFF にします。ゲートとソース間にある CR はこの FET が急激に ON 状態にならないようにしています。これは、大容量のコンデンサ(C8)が急速充電されてバス電圧が下がるのを防止するためです。万一 PWM が停止した場合やトランスが磁気飽和して過大電流が流れる場合などの安全策として、ポリスイッチ(F1,F2)をラインにいれてあります。

入力側の付属回路として、AC アダプタ有無を DC ジャックのスイッチ端子からマイコンのピン 4 で監視しています。またアダプタが実際に給電されているかどうかは、マイコンのピン 11 で監視しています。

PC とのインタフェースは USB を用いており、オンボードの USB-シリアル変換チップ FT232RL(U2)によりマイコンと接続しています。従ってソフトウェア的に本機はシリアルデバイスと認識されます。マイコンのシリアルインタフェースは簡単な 2 線式で、マイコン側に UART(シリアルインタフェース)がありませんので、シリアル通信はすべてソフトウェアで行っています。

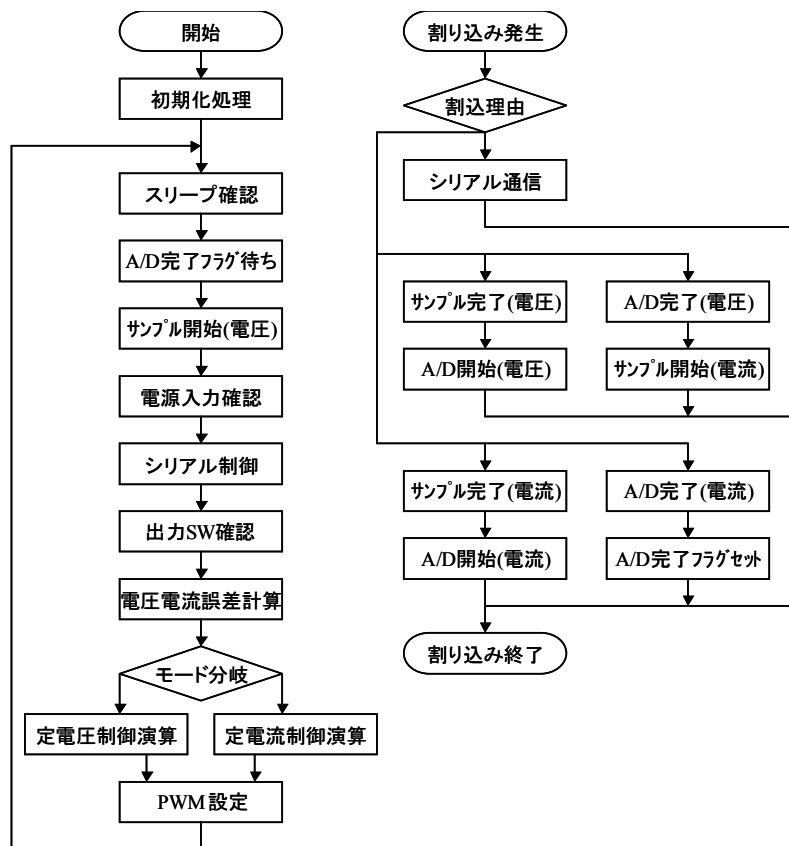
PC がサスペンドした場合、USB 仕様では消費電流を 500uA 以下にします。このための信号は FT232RL の CBUS3 から得ています。PC がサスペンドすると CBUS3 のレベルは H となり、マイコンがこれを受けて出力を OFF にするとともに Q1 を OFF として主回路への電源供給を停止し、マイコン自体もスリープします。サスペンドから復帰すると、CBUS3 端子は L となり、マイコンに割り込みが発生して復帰します。

□ ソフトウェア

ソフトウェアはマイコンのファームウェアと PC 側の制御ソフトがありますが、本章ではファームウェアに限り簡単に説明します。PC 側の制御ソフトは基本的にマンマシンインタフェースのみを提供しているため、電気的な動作と直接関係がありません。

基本的なファーム処理のフローチャートを次に示します。A/D 変換値と基準値を比較計算し、PWM 設定を行う無限ループが主処理になります。A/D 変換にあたってはサンプリング（標本化）と A/D 変換（量子化）にある程度のかかりますが、これを主処理中に置いて、ループやポーリング処理を使うと CPU 時間が非常に無駄になりますので、ハードタイマーと A/D 完了の割り込みを使って主処理から分離しています。できるだけ高速に主処理ループを回すことで、電源の過渡特性を改善するためです。また、マイコンに UART がいないため、シリアル通信もハードタイマーで実装されています。

A/D 変換一式（電圧サンプル、電圧 A/D 変換、電流サンプル、電流 A/D 変換）にかかる時間は約 100us で、主ループが A/D 変換一式と同期していますのでループの周波数は 10kHz 程度と比較的高速に動いています。



PWM 設定にあたっては、トランスコアの磁気飽和を防止するために、出力電圧値に応じて最大 PWM 値を決定する処理があります。これについて少し説明します。

今、出力電圧が 0V で、設定電圧が 20V と仮定します。出力オンにすると、PWM 値は急速に増加していきますが、出力電圧は平滑コンデンサがあるため、それほどすぐに上昇しません。

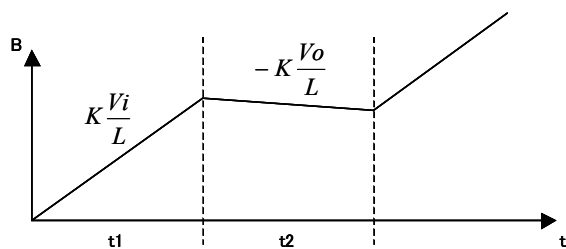
ここで、PWM が十分広くなり、出力電圧がまだ上がっていない 1 周期について着目します。本機のトランスは一次側、二次側とも巻数が同じなので、インダクタンス、比例定数をともに L 、 K とします。主スイッチング FET(Q2) が ON となる t_1 の期間では一次電流は

入力電圧 V_i と一次インダクタンス L に比例しますので、磁束密度は $K \frac{V_i}{L} t$ となります。つ

まり、グラフの傾きは $K \frac{V_i}{L}$ です。一方、スイッチング FET が OFF となる t_2 の期間の傾

きは二次側によって決定され、 $-K \frac{V_o}{L}$ となります。つまり出力電圧が 0V であるとき、傾

きはゼロとなり、磁束が保存されます。実際には、二次電流により出力コンデンサが充電されること、二次側ダイオードの電圧降下がありますので、平坦にはなりません非常に緩い傾きになります。これが繰り返されると、磁束密度 B は上昇を続け、コアの飽和磁束密度に達します。飽和磁束密度に達すると、透磁率が急速に低下しますので過電流が流れ、ポリスイッチ遮断や電圧低下による CPU リセットが発生します。



磁気飽和を起こさない最大の入力期間 t_1 は、出力電圧 V_o によって決定されます。これを精密に計算すると CPU 時間を消費するため、PWM 設定処理の中で簡易的にテーブルルックアップを行って対処しています。

制御コマンドについて

独自のソフトで制御するために本機の制御コマンドを示します。

本機はソフトウェアからはシリアルポートに見えますので、該当のシリアルポートをオープンしてコマンド送信すれば制御できます。

出力電圧および電流のセットにあたっては電力の制限が生じます。USB 給電時で 1.5W、AC アダプタ給電時で 6W を超えないようにセットしてください。ファーム側は電圧、電流ともレンジチェックを行っていますが、電力のチェックはおこなっていませんので、10V、1A の設定も受け付けてしまいます。

フロー制御、受信バッファなしのため、連続したデータを送出すると「取りこぼし」が発生することがあります。S コマンドのように連続したバイトを使用するコマンドは、バイト間に適当なウェイトを挿入してください。また、本機がシリアル送信を完了し、コマンド受信の準備を行うまでの間も取りこぼしの発生する期間となります。コマンドの応答を受信した後、次のコマンドを送信するまでの間にもウェイトを挿入してください。ウェイトは 10ms も入れれば十分です。

□ シリアル通信仕様

通信スピード	9600 bps
ワード長	8 bit
ストップビット	1 bit
パリティ	なし
フロー制御	なし

□ コマンド仕様

送信は PC→本機へ、受信は本機→PC へのデータです。

<CR>はキャリッジリターンコード、<LF>はラインフィードコードです。

✓ デバイス識別

送信	I
受信	USBPSU<CR><LF>
詳細	デバイスが何であるか識別するためのコマンドです。 受信文字列 USBPSU によって、本機が接続されていると認識できます。

✓ バージョン確認

送信	V
受信	X.YZ<CR><LF>
詳細	デバイスのファームバージョン確認を行います。 XYZ は数値であり、次のような文字列が得られます。 例：1.00 （バージョン 1.00 である）

✓ 出力設定

送信	SVVVAAA
受信	OK<CR><LF> NG<CR><LF>
詳細	<p>出力電圧、出力電流をセットします。</p> <p>VVV は電圧を 16 進数の 000~3F0 の範囲で指定します。 1LSB あたりの電圧は 20mV です。</p> <p>AAA は電流を 16 進数の 000~3F0 の範囲で指定します。 1LSB あたりの電流は 1mA です。</p> <p>例：S0FA3E8 (5V, 1A にセットする)</p> <p>出力レンジが適正であれば OK を、不適正であれば NG が返却されます。 ただし電力は考慮されません。20V, 1A をセットしても OK となります。 16 進数の英文字は大文字を使用してください。 小文字や認識されない文字は 0 とみなします。</p>

✓ 出力設定確認

送信	L
受信	VVVAAA<CR><LF>
詳細	<p>現在セットされている出力電圧、出力電流をリードバックします。 この設定は PC がサスペンドしてもクリアされません。</p>

✓ 現在状態取得

送信	M
受信	XYZVVVAAA<CR><LF>
詳細	<p>現在の電源状態を取得します。</p> <p>X は給電状況を示しており、次のとおりです。 U: USB ホスト給電中 (最大出力電力 1.5W) A: アダプタ給電中 (最大出力電力 6W) N: アダプタ接続しているが給電されていない</p> <p>Y は出力スイッチを示しており、次の通りです。 N: 出力 ON F: 出力 OFF</p> <p>Z は出力モードを示しており、次の通りです。 C: 定電流動作中 V: 定電圧動作中</p> <p>VVV は現在の出力電圧を 16 進数で示しており、1LSB は 20mV です。 AAA は現在の出力電流を 16 進数で示しており、1LSB は 1mA です。</p>

✓ 出力 ON

送信	N
受信	OK<CR><LF>
詳細	出力を ON にします。

- ✓ 出力 OFF

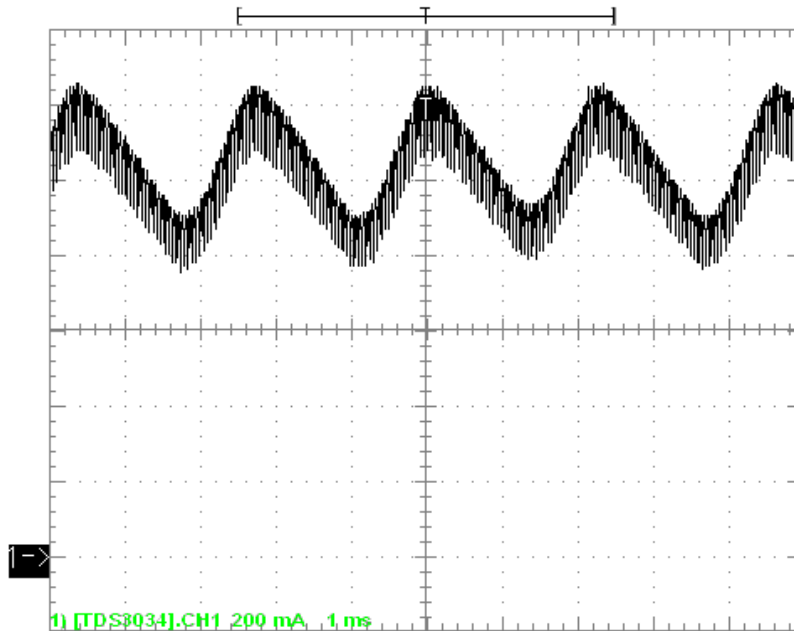
送信	F
受信	OK<CR><LF>
詳細	出力を OFF にします。

その他

- ✓ 出力電圧、電流値ともに設定値に近づくと、定電圧動作と定電流動作が交互に作動しますが異常ではありません。
- ✓ 解放状態で出力を OFF にすると、分圧器以外に負荷がないため、電圧はゆっくり下がります。
- ✓ FT232RL のコンフィグを変更すると、変更前のシリアルポート番号が Busy となり永久欠番になることがあります。次のレジストリエントリをクリアすると無くなります。各ビットが対応する COM ポートの使用を示しているようです。(Windows XP)

HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\COM Name Arbiter

- ✓ 短絡か、短絡に近い状態では、定電流動作時のリップルが多くなり、ハンチングがみられますが異常ではありません。(平滑コンデンサが有効に機能せず、制御する PWM 粒度がほとんど 1 ビット幅になるため。下記波形参照。) 0.5V 程度の出力電圧が生じればきれいな直流になりますので実用上は問題ないと思います。
- ✓ 1A 出力時の短絡電流波形(1ms/DIV 200mA/DIV)



オープンソース、改造等について

- ✓ 本機の回路図、基板設計データ、ファームウェア、制御ソフトはすべて公開しますので非商用に限り自由に改造し、再配布してかまいません。ただし著作権は保持しております。
- ✓ 書籍などへの転載につきましてはご一報ください。
- ✓ 本機は実験用として設計しておりますので、信頼性が要求される用途には適しません。本機の運用による逸失利益について免責とします。
- ✓ ファームの変更については特に注意が必要です。PWM のデューティが広いまま暴走などで制御を失うと、出力電圧が異常に高くなり平滑のコンデンサがパンクします。バグによりハードがダメージを受けますのでご注意ください。
- ✓ ファーム改造を行う場合、PC 側の過負荷防止のため USB バスパワーを禁止してアダプタ給電とし、使用するアダプタも過電流による破損の可能性がありますので、定電流制限が可能な安定化電源をお奨めします。

