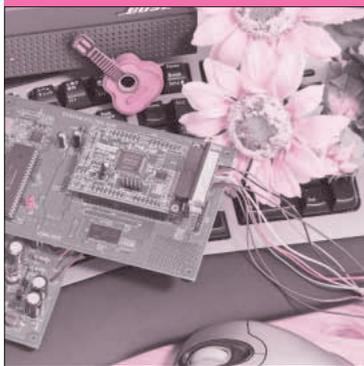


第2部 USBアダプタ編



第5章 USBバス・パワーから ±0～±13Vを出力できる

USB実験用プログラマブル 電源の製作

漆谷 正義/岩田 利王
Masayoshi Urushidani/Toshio Iwata

ここでは、入手が容易なスイッチング・レギュレータICと、プログラミングの容易なUSB-パラレル変換ICを組み合わせて、コンパクトなプログラマブル電源を製作します。

ハードウェアの仕様検討

● どれくらいのパワーが取り出せるのか

USBバスから取れる電源は、電圧が+5V、最大電流は500mAです。電力としては $5V \times 0.5A = 2.5W$ です。本機の場合、負荷がないときに回路に流れる電流は約130mAですので、 $5V \times 0.13A = 0.65W$ が常時消費されます。したがって、 $2.5W - 0.65W = 1.85W$ が使える電力です。しかし、これはDC-DCコンバータやPWM制御回路の効率を100%としたときの値です。

実際には、この部分のトータルの効率は55%程度ですから、結局 $1.85W \times 0.55 \approx 1W$ が正味使える電力になります。例えば、**10Vで100mA**、正負同時に使えば**±10V、50mA**が最大値になります。なお、最大パワーを越えた場合は、リセットブル・ヒューズ(ポリスイッチ)で電源を切断するようにしています。

● 可変電圧回路をUSBを通じてコントロールする

全体の構成を図5-1に示します。USB-パラレル変換IC FT245BM(FTDI社)を使うことにより、USBインターフェースは、PCの平行ポートと同様なインターフェースに変換されます。FT245BMの平行バスは、マイコンに直結することにします。

USB端子の+5Vバス・パワーは、昇圧回路で±13.5Vとし、マイコンPIC16F873(マイクロチップ・テクノロジー)のPWMポートのパルスを使って

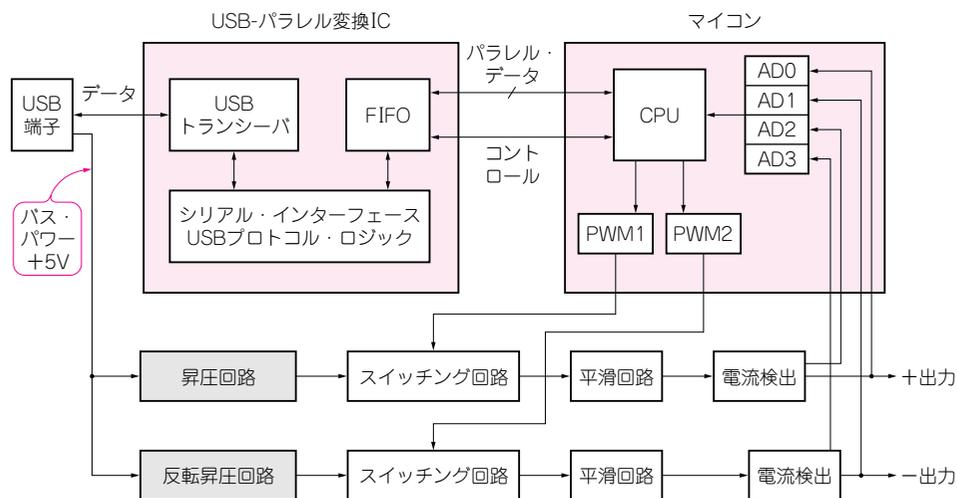


図5-1 USBプログラマブル電源の全体構成

Keywords

ステップアップ・コンバータ、PWM制御、レベルシフト回路、電流検出回路、電圧検出回路、A-Dコンバータ、USB-シリアル・ドライバ、仮想COMポート・ドライバ、MC34063、FT245BM、PIC16F873

スイッチングします。これをコンデンサとインダクタで平滑することで、正負電圧出力を得ます。

出力電圧は、マイコンのA-Dポートに入り、ホストから指示された値になるようにPWMのデューティを制御します。また、電流検出回路により、正負各負荷電流に応じた電圧を取り出し、A-D変換して回路電流値をホストに送信します。

● スイッチング・レギュレータは入手容易なものを使う

1次電圧を得るためのDC-DCコンバータとしては、入手性、コスト、使いやすさの点で、スイッチング・レギュレータIC MC34063(オン・セミコンダクター)を選びました。表5-1に仕様を示します。

このICを使って、USBバス・パワーから±13.5Vの正負電源を作ります。

● ステップアップ・コンバータ回路の設計

MC34063をステップアップ型スイッチング・レギュレータとして使うときの構成は、図5-2のようになります。

TrがONの期間、インダクタLにエネルギーが蓄えられます。TrがOFFになると、このエネルギーは逆起電力となって、 V_{in} に加算されてコンデンサ C_{out} と負荷 R_L に流れます。つまり、出力電圧は、つねに入力電圧より高くなります。TrがONの期間は、DがOFFとなり、負荷電流は C_{out} に蓄えられた電荷により供給されます。

● 電圧反転ステップアップ・コンバータ回路の設計

マイナス側の1次電圧は、図5-3のような原理の

電圧反転型スイッチング・レギュレータで作ります。

TrがONの時間 t_{on} に、インダクタLにエネルギーが蓄えられます。TrがOFFになると、このエネルギーは、出力フィルタ・コンデンサ C_{out} と負荷 R_L に伝達されます。出力電圧は、インダクタLのエネルギーを取り出しているだけなので、図5-2のように $+V_{in}$ が直列に入るようなことはありません。

したがって、降圧、昇圧どちらも可能です。今回は昇圧に利用します。出力電圧 V_{out} は次式で表されます。

$$V_{out} = V_{in} \frac{t_{on}}{t_{off}}$$

ただし、 t_{on} : TrがONしている時間、 t_{off} : TrがOFFしている時間

原理は、図5-2の昇圧型と同じです。設計仕様を表5-2に示します。

● PWM制御回路の動作

0V近辺から制御可能なスイッチング・レギュレータの設計は簡単ではありません。そこで、いったん最大電圧を上述のDC-DCコンバータで作り、これを再度PWMでスイッチングして所望の電圧を取り出すことにします。これは、降圧型(ステップダウン)スイッチング・レギュレータにほかなりません。この原理を図5-4に示します。

トランジスタTrが、入力電圧 $+V_{in}$ をON/OFFし、デューティ可変の矩形波がLCフィルタに供給されます。このフィルタは矩形波を平均化し、負荷 R_L にDC出力電圧を発生させます。このDC電圧は、次のように表すことができます。

$$V_{out} = V_{in} \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \dots\dots\dots (5-1)$$

表5-1 スイッチング・レギュレータIC MC34063の仕様

| | |
|-----------|------------------------|
| パッケージ | DIP 8ピン |
| 入力電圧 | 3 ~ 40 V |
| スイッチング電流 | 1.5 A _{max} |
| スイッチング周波数 | 100 kHz _{max} |
| 基準電圧精度 | 2% |
| 回路電流 | 4 mA |

表5-2 DC-DCコンバータ部の設計仕様

| 項目 | 記号 | 正側 | 負側 |
|-----------|---------------|------------------|----------|
| 出力電圧 | V_{out} | 13.5 V | - 13.5 V |
| 出力電流 | I_{out} | 150 mA | |
| スイッチング周波数 | f_{min} | 50 kHz | |
| 入力電圧 | $V_{in(min)}$ | 4.8 V | |
| 出力リップル | V_{ripple} | 0.5% @ V_{out} | |

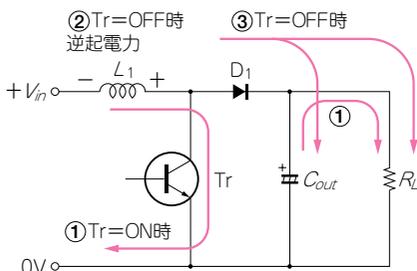


図5-2 昇圧型コンバータの原理

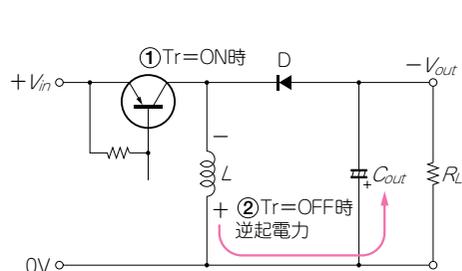


図5-3 電圧反転コンバータの原理