

第6章 省スペースで低放射ノイズ！ コンデンサだけで正負に昇圧可能

チャージ・ポンプのしくみと 低電圧動作の便利 IC

赤羽 一馬
Kazuma Akabane



① チャージ・ポンプのメリットとデメリット

電源ICは、どのアプリケーションにおいても、効率、省スペース、コストの三つがキー・ポイントとなります。

そのキー・ポイントには、その電源ICがどのようにしてDC-DC変換するか、つまり**インダクタ・ベース**のDC-DCコンバータ、**チャージ・ポンプ**のDC-DCコンバータ、または**ロー・ドロップ出力(LDO)**のシリーズ・レギュレータのどれにするかを決めることによって、方向性が大きく決まります。

本稿では、その手法の一つであるチャージ・ポンプについて説明します。

チャージ・ポンプの基本動作

チャージ・ポンプとは、電荷を遷移させ、入力電圧とコンデンサに充電された電圧を重畳させることによって出力電圧を得る方式です。基本動作を示す回路図を図1-1に示します。

図(b)に示すように、Phase1では、スイッチ S_1 および S_4 がON、 S_2 および S_3 がOFFし、黒色線のように電流が流れます。この電流はチャージ・ポンプ・コンデンサ C_{chg} に入力電圧 V_{in} を充電するため、入力電圧は C_{chg} の電圧と等しくなります。

次に、図(c)に示すように、Phase2では、スイッチ

S_1 および S_4 がOFF、 S_2 および S_3 がONします。入力電圧は C_{chg} を介して出力電圧となりますが、先ほどのPhase1にて C_{chg} には入力電圧分の電荷が充電されているので、出力電圧は V_{in} の2倍の電圧が発生し、出力コンデンサ C_{out} に充電されます。

そして、Phase1に戻り、 C_{chg} に入力電圧を充電している間、 C_{out} は出力に放電するという動作を繰り返します。この手法は、入力電圧の2倍の出力電圧を得られるため、**ダブル**もしくは**2倍圧**と呼ばれます。

具体的なチャージ・ポンプの回路は図1-2の回路構成となり、二つのダイオードの順方向電圧分を差し引いた電圧が発生します。

これを応用すれば、この基本回路をさらに追加することで、3倍以上の電圧を発生させたり、負電圧を発生させたりすることができます。この負電圧発生回路を図1-3に示します。

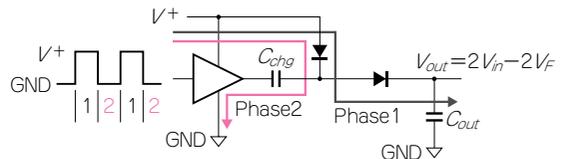


図1-2 正電圧を発生するチャージ・ポンプ回路

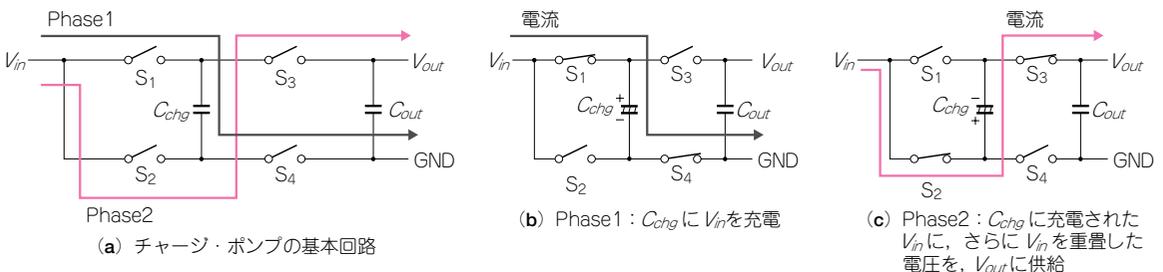


図1-1 チャージ・ポンプの基本動作(正電圧出力)

● 特集 ● 長時間動作のためのバッテリー活用術

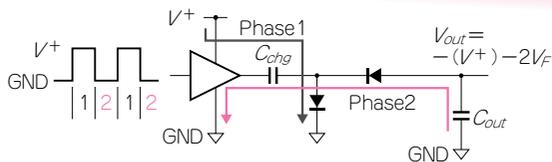


図1-3 負電圧を発生するチャージ・ポンプ回路

● チャージ・ポンプの長所/短所とインダクタ・ベースとの比較

▶ 外付け部品はコンデンサのみなので省スペース

チャージ・ポンプに必要な外付け部品は、コンデンサのみです。そのため、省スペースかつ設計が容易です。

もう一つの手法であるインダクタ・ベースでは、コイル、およびショットキー・バリア・ダイオードなどを使用するため、スペースが必要となります。

▶ 軽負荷から高い効率を得られる

チャージ・ポンプは、コンデンサをスイッチすることによって電位を変化させます。そのため、消費電流はそのスイッチをコントロールするICの消費電流に大きく依存しますが、それでも数十 μA ～数百 μA 程度です。

ほとんどのチャージ・ポンプICは、PFM (Pulse Frequency Modulation) モードで動作するため、軽負荷から高効率を実現できます。

なお、レギュレーテッド・タイプのチャージ・ポンプでは、効率は入力電圧に大きく依存してしまいます。これについては、後述のMAX1595のところで説明します。

インダクタ・ベースでは、重負荷のときの効率が問われます。そのため、一般的なPWM制御の場合は軽負荷時にもスイッチング周波数が一定であるために、消費電流は数mAオーダになってしまいます。

出力電流が数十 μA ～数mAという軽負荷のときは、消費電流の方が上回ってしまうので、高効率を維持できなくなってしまいます。

しかし、最近では、PFM/PWMの切り替え機能が付いているICが多いので、この機能を使うことによって効率面での大きな差は無くなってきています。

▶ 高電圧は得意だが大電流は不得手

チャージ・ポンプは、電荷の遷移によって出力電圧を発生させるので、高電圧を得ることは容易ですが、そのトレードオフとして大きな電流を得ることができません。

また、出力電圧は基本動作でも述べた通り、入力電圧に依存してしまいます。

その点では、インダクタ・ベースの方が、広い入力電圧範囲で高出力電圧/高出力電流をカバーすることができます。

▶ 低放射ノイズだがリップルが大きい

チャージ・ポンプは、電荷の遷移をコンデンサで行っているため、大きな放射ノイズはありません。これに対してインダクタ・ベースでは、インダクタに磁束が発生するため放射ノイズが発生してしまい、実際のアプリケーションではノイズ対策が必要となる場合があります。

チャージ・ポンプは、先に述べたようにほとんどのICがPFM制御を使用しているため、リップル電圧が比較的大きくなってしまいます。インダクタ・ベースでは、一般にPWM制御なのでPFM制御よりもリップル電圧が小さく、また、そのリップルも周期的なのでノイズの除去が容易です。

● チャージ・ポンプの一般的な使用回路例

ひと昔前では、携帯電話のRFパワー・アンプの負電圧バイアス、RS-232-Cの電源電圧、LCDドライバの高電圧電源やCCDの電源などの多くのアプリケーションで使用されてきました。最近では、携帯電話用バックライトの白色LEDドライバやLCDパネルの高電圧発生回路、オーディオ/ビデオ・アンプに使用されることが多いようです。

これらの理由としては、低背面かつ省スペースに優位性があるためと考えられます。

さらに言えば、白色LEDドライバでは、携帯機器に使用するため低背面の部品が必要であったり、LCDドライバの高電圧は数十mAレベルで満たすことができるという、アプリケーションにちょうどマッチしている理由から使用されていると思われます。

実験ライブ・セミナー 2008 開催!

トラック2 低雑音PLL シンセサイザの設計

講師 RFデザインノート 小宮 浩氏

本誌2006年3月から2008年3月まで連載されていた「PLL周波数シンセサイザの設計法徹底解説」の筆者がPLLの設計法について実験を交えながら解説します。

申し込みについては下記ウェブ・ページを参照ください。

<http://www.cqpub.co.jp/tse/>

日時: 2008年7月4日(金)

場所: 秋葉原UDX

受講料: 29,000円

CQ出版社

〒170-8461 東京都豊島区巣鴨1-14-2

TSE事務局 TEL.03-5395-1465