



第4章 整流回路から DC-DCコンバータまで

パワー回路とコンデンサの世界

吉岡 均
Hitoshi Yoshioka

● はじめに

コンデンサは、積分回路やノイズ防止、発振、バイパス、カップリング回路などの電子回路用途から、高エネルギー充放電回路、スナバ回路などのパワー・エレクトロニクス用途まで幅広く使われています。

そのなかでも、エネルギー充放電回路に使われるコンデンサの動作を説明するのは難しいです。理由は、

$$\tau = CR$$

$$Q = CV$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

といった簡単な数式ですぐに説明できないからです。

実回路では+5Vから-5Vが作られたり、+3Vから+6Vが作られたりしています。不思議に思いませんか？この回路の中ではコンデンサの充放電回路が活躍しています。

そこで本章では、コンデンサを利用した電力変換回路の基本を学ぶことで、エネルギーを充放電するコンデンサの動作を理解します。

● 電力変換回路の種類と本章で解説する範囲

電子機器を動作させるためには電源回路が必要です。電源回路はAC入力で使うスイッチング電源と、DC入力で使うDC-DCコンバータがあります。

スイッチング電源では、これから説明する整流平滑回路を入力段に使っています。一方DC-DCコンバータでは、別の項目で解説するインダクタ(チョーク・コイル)を使うものと、本章で説明するスイッチト・キャパシタがあります。

インダクタ方式は大電流の出力が可能ですが、インダクタの小型化が難しく、例えばマイクロプロセッサ用DC-DCコンバータのVRMなどでは実装設計に苦慮しています。

もう一つのスイッチト・キャパシタは、スイッチ素子とコンデンサの組み合わせだけで電圧変換と出力電

圧の安定化ができます。出力電流が少ないことが欠点ですが、ローカル・レギュレータをボード上に組み込む場合は専用ICも多く市販されているので便利な回路です。

ここでは電源回路の基本である交流電圧を整流平滑する回路と、コンデンサを使った電力変換、そしてそれを応用したDC-DCコンバータについて解説します。



整流ダイオードと平滑コンデンサ による整流平滑回路

壁のコンセントから電力を取り込み、電子機器へ供給する電源回路は、大きく次の二つの役目を持ちます。

- ユーザが感電しないよう安全規格にしたがった絶縁性を確保する
- AC100Vから電子機器が必要とするDC5Vなどに電力変換する

電源回路の最初のブロックはヒューズやノイズ・フィルタを除けば、まず整流回路、そして平滑回路で構成されます。

整流回路は広い意味でAC-DC変換を行います。平滑回路は出力インピーダンスを下げ、電子機器へ電力を伝達するエネルギー・バンクとなります。

使う部品の選定ポイントは、整流ダイオードでは耐圧と電流、平滑コンデンサでは耐圧と許容リプル電流、静電容量です。

交流を整流する方法は、基本的には半波整流と全波整流の2種類があります。

■ 半波整流回路

● コンデンサの許容リプルを必ず確認する

コンデンサは、半サイクルで電力を蓄え、残りの半サイクルで電力を放出します。コンデンサには、2次側の半サイクルぶんの電圧が周期的にかかります。そ

Keywords

整流平滑回路, 半波整流回路, 全波整流回路, 倍電圧整流回路, マグネトロン, コッククロフト・ウォルトン回路, チャージ・ポンプ, フートストラップ, ドロップ, スイッチト・キャパシタ, 昇圧チョッパ.

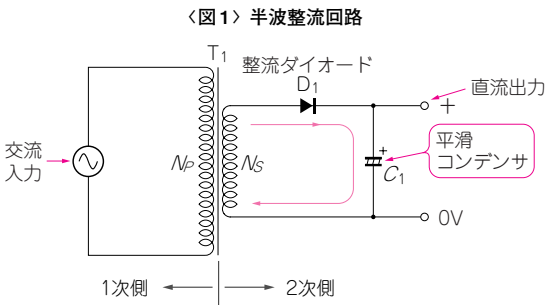
のため、耐圧と許容リプルをカタログで確認します。

● 動作原理

図1に示すようにトランス T_1 の2次巻き線 N_S から供給される交流に対して、ダイオード D_1 を片方だけに直列接続し、特定方向の正弦波の正または負、**いずれか半サイクルだけを整流します**。整流波形は**写真1**に示すように交流の正または負側を、半サイクルだけ整流した波形になります。整流後の平均電圧 V_{half} は次のようになります。

$$V_{half} = \frac{1}{\pi} V_M \approx 0.318 V_M \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 V_M ：トランスの2次巻き線の最大電圧 [V]



〈図1〉半波整流回路

■ 全波整流回路

図2に示すように二つの方法があります。

● センタ・タップ方式

図2(a)の回路はセンタ・タップ方式と呼ばれ、ダイオード2個で実現できますが、トランス T_1 の2次巻き線は N_{S1} と N_{S2} の2本が必要です。2次巻き線の電流はダイオード D_1 と D_2 の向きだけに流れるので、ブリッジ方式より少なく、細い電線を使用できます。

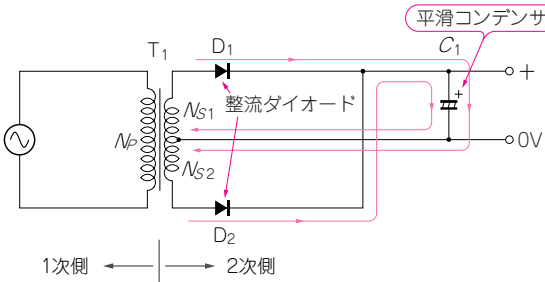
● ブリッジ方式

図2(b)の回路はブリッジ方式と呼ばれ、トランス T_1 の2次巻き線 N_S は1本ですが、ダイオードを4個使ってブリッジ接続するので、センタ・タップ方式の2倍のダイオードが必要です。**通常は4個のダイオードを内部でブリッジ接続してワン・パッケージにしたブリッジ・ダイオードを使用します**。

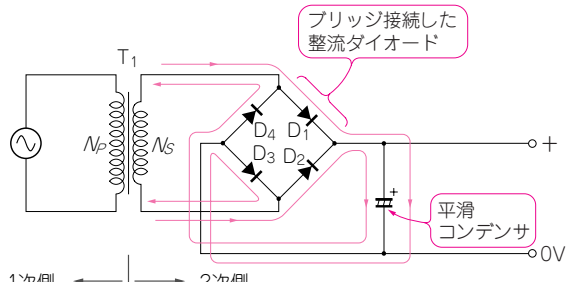
整流後の波形はセンタ・タップ方式、ブリッジ方式とも同じです。交流波形の正または負電圧を、おのこの半サイクル足し合わせれば**写真2**の全サイクル整流波形になります。整流後の平均電圧 V_{full} [V] は次のようになります。

$$V_{full} = \frac{2}{\pi} V_M \approx 0.636 V_M \dots\dots\dots (2)$$

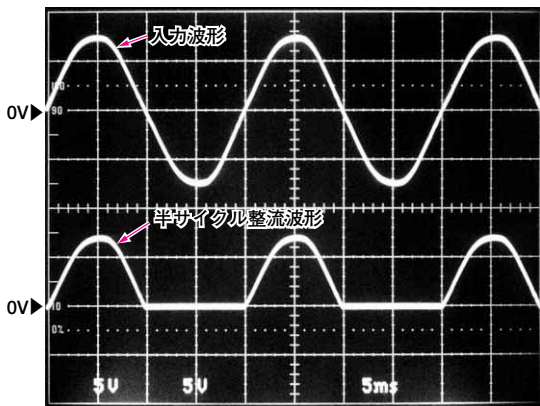
〈図2〉全波整流回路



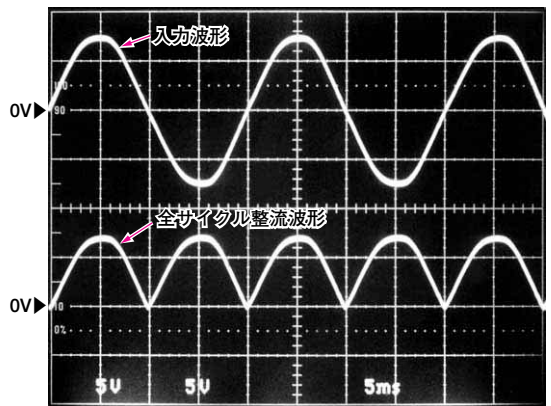
(a) センタ・タップ方式



(b) ブリッジ方式



〈写真1〉半波整流回路の波形(5 V/div., 5 ms/div.)



〈写真2〉全波整流回路の波形(5 V/div., 5 ms/div.)