



## ⑥ スイッチング・レギュレータの基礎

～損失がゼロに近づく電源回路～

馬場 清太郎  
Seitaro Baba

今回から、現在の電源の主流となっているスイッチング・レギュレータ (switching regulator) を取り上げます。

リニア・レギュレータは使用部品点数も少なく簡単に製作できて低ノイズ/高性能ですが、使用条件によっては損失が大きいという短所があります。これに対してスイッチング・レギュレータは損失が少ないという長所もっていますが、リニア・レギュレータの長所とは正反対の短所をもつ場合が多いです。つまり、使用部品点数が多く製作は簡単にはできない、高ノイズ/低性能となりがちです。

そこで、スイッチング・レギュレータの長所である低損失をさらに向上させ、短所をいかに解決していくのかということを中心に重点的に取り上げます。

### スイッチング方式の特徴

#### ● 損失が小さい

リニア・レギュレータと非絶縁型スイッチング・レギュレータの比較を表6-1に示します。連載第1回(2006年12月号)でも触れましたが、両者の大きな違いは内部損失です。現実の負荷として多いデジタルICの電源仕様が低電圧/大電流となってきたため、リニア・レギュレータを使用すると損失が大きくなります。熱処理を考えると限られたスペースでは実

装が不可能となって、高効率のスイッチング・レギュレータが使用されるようになりました。

#### ● ノイズが大きい

リニア・レギュレータ自体はほとんどノイズを出しませんが、スイッチング・レギュレータは出力ノイズだけでなく、入力側にもノイズを出し、空中にも輻射ノイズ(電磁波)を出しますから、ノイズ対策が重要です。

#### ● 部品点数が多く設計に時間がかかる

リニア・レギュレータの設計は放熱設計を除けばそれほど難しいことはありませんが、スイッチング・レギュレータは部品点数が多いため動作に応じた最適値を求めるのに時間がかかります。

\*

現在の電子機器には小型/軽量で地球に優しい省エネが求められていますから、面倒でもスイッチング・レギュレータを使わざるをえません。

### 基本構成と動作

#### ● 基本構成

スイッチング・レギュレータは図6-1のように、

表6-1 リニア・レギュレータと非絶縁型スイッチング・レギュレータの比較

	リニア・レギュレータ	非絶縁型スイッチング・レギュレータ
使用部品点数	少ない	多い
ノイズ	ほとんどない	多い
変換効率	悪い(30%~60%)	良い(70%~95%)
電圧変換動作	降圧のみ	降圧, 昇圧, 降昇圧, 極性反転
出力電力	10 W 程度まで	1 kW 以上もある
開発工数	短い	長い
コスト	安い(小電力)/高い(大電力)	高い(小電力)/安い(大電力)
サイズ	小さい(小電力)/大きい(大電力)	小さい(小電力/大電力)

### Keywords

DC-DCコンバータ, 負帰還ループ, インダクタ, コンデンサ, 降圧, 昇圧, チャージ・ポンプ, 効率, 損失, マジック・コンバータ, ダイオード・ポンプ回路, TC74HC14AP

エネルギー変換を行うDC-DCコンバータ\*1に出力電圧を一定に保つ(レギュレータ機能\*2)負帰還ループで構成されています。

DC-DCコンバータは、入力電源からスイッチを用いて短時間にエネルギーを取り出し、インダクタ\*3(コイル)とコンデンサ(キャパシタ)に蓄積し、負荷に電圧を変換してエネルギーを供給します。

負帰還ループは負荷端の出力電圧を一定の直流電圧とするように、スイッチの動作時間を調節します。

スイッチング・レギュレータには、トランスを使用した絶縁型と使用しない非絶縁型の2種類があります

が、どちらも基本はDC電圧を入力してDC電圧を取り出します。入力が商用交流電源の場合は、初段にAC-DC変換のための整流回路を備えていて、AC-DCコンバータと呼ばれることが多いです。

### ● 基本動作

リニア・レギュレータは降圧しかできませんから、降圧型スイッチング・レギュレータと動作を比較してみます(図6-2)。

リニア・レギュレータは図6-2(a)に示すように、入出力間の電圧差に起因する電力を内部で熱に変えて、

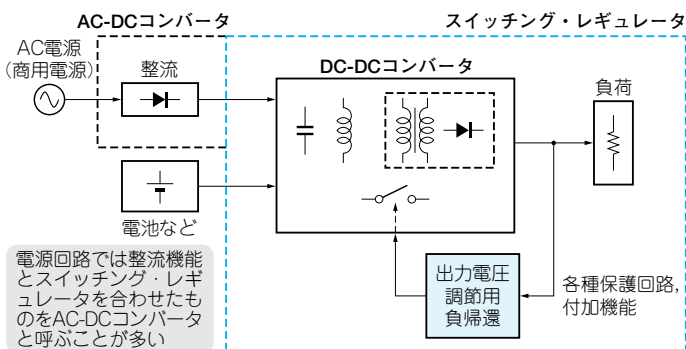
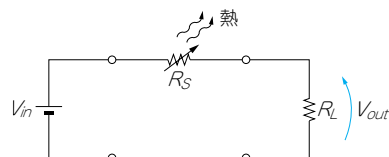
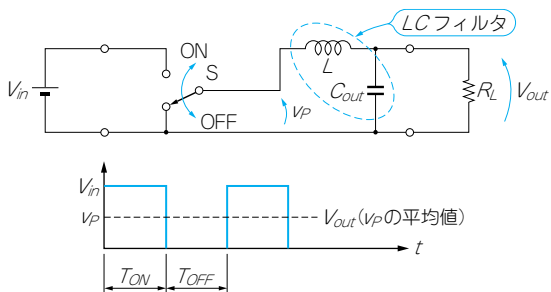


図6-1 スwitchング・レギュレータの基本構成

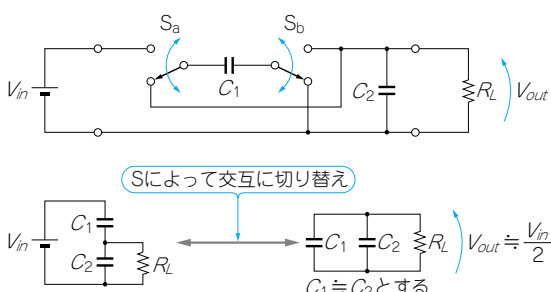
AC入力のときはAC-DCコンバータ、DC入力のときはDC-DCコンバータと呼ばれることが多い



(a) リニア・レギュレータ (Voutが一定になるようRSを調節する)



(b) スwitchング・レギュレータ (Voutが一定になるようSのON/OFF比を調節する)



(c) チャージ・ポンプ回路 (VoutはVinの約半分になり、調節できない)

図6-2 降圧型レギュレータの基本構成

#### \*1: コンバータ (converter)

変換器のこと。逆変換器であるインバータ (inverter) に対して、特に順変換器とも言う。なお、直流→直流、交流→直流、交流→交流は順変換で、直流→交流は逆変換である。絶縁型コンバータは、トランスの前で直流→交流に変換し、トランスで電圧を変圧してから、整流回路で交流→直流に変換している。内部にインバータを有しているが、システム全体では直流→直流変換のためコンバータと呼ぶ。なお、リニア・レギュレータも言葉本来の意味では降圧型コンバータであるが、本連載でコンバータと言えばスイッチング・コンバータを指す。

#### \*2: レギュレータ (regulator)

調節器のこと。出力電圧(電流、電力の場合もある)を一定値に調節可能な電源を指す。本連載では、この機能をもっていなくても、スイッチングしていればスイッチング・レギュレータと呼び、スイッチング・コンバータと区別しない。

#### \*3: インダクタ (inductor)

容量性リアクタンス素子であるコンデンサ (condenser) は、一部でキャパシタ (capacitor) とも呼ばれているが、まだコンデンサという呼称が優勢である。誘導性リアクタンス素子であるインダクタは、コイル、巻き線、チョーク、リアクトルとも呼ばれている。前連載ではコイルと総称したが、最近ではインダクタと呼ばれることが多いので、インダクタで統一することとする。