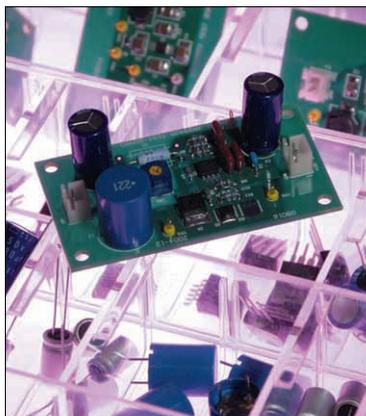
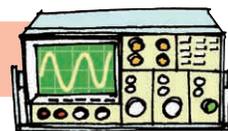


## 第1章



### 七つ道具 その①



3 ~ 40 V の大きな降圧と  
0.5 ~ 数 A が必要な箇所に使う  
24 ~ 12 V から 5 ~ 3.3 V /  
数 A を作る電源

浜田 智  
Satoshi Hamada

本章では、イントロダクションの図9や図10に示すタイプAの降圧型電源を紹介します。

5 V や 3.3 V は、マイコン応用回路を始めとするデジタル回路で最もよく利用される電圧です。

以前は、デジタルICの多くが5 V動作仕様だったため、一般に100 Vの交流から直接5 Vのバス電源を生成し、そのままICや回路に供給していました。ですが、最近では2.5 V、1.5 V、1.2 Vといったより低い電圧で動作するICが増えています。

これらの低い電圧は3.3 Vや5 Vから生成することが多いため、今や**3.3 Vや5 Vは次の電圧を作るための第2のバス電圧になっています。**

#### ● スイッチング・タイプの高効率電源を使う

5/3.3 Vバスにはたくさんの負荷がぶら下がるので、**数A近い比較的大きな電流が流れます。**また、この5 ~ 3.3 Vは100 V交流から作る24 ~ 12 Vのバス電源から得ますから、**変換の際に大きな降圧が伴います。**

したがってこのような用途には、**損失の少ない効率の高い電源を使う必要があります。**さもないと、放熱器が必要になって、大きな実装面積を要してしまいます。

本章では、80%以上の高い効率が得られるスイッチング式の電源を紹介します。第2章や第4章で紹介するリニア・レギュレータは、このような用途に使うと損失が大きすぎて使い物になりません。

### 80%以上の効率が得られる電源

#### ■ 降圧型DC-DCコンバータの基礎知識

##### ● 原理的に損失ゼロの電源

「DC-DCコンバータ」とは、スイッチング技術を利用して、ある直流電圧を別の電圧の直流に変換する電源のことです。**理想的には損失のないコイルとコンデンサを使って変換しますから、原理的に損失はゼロ、効率は100%です。**

「降圧型」とは入力電圧よりも低い電圧を出力するタイプであることを示しています。降圧型DC-DCコンバータは、**ステップダウン・コンバータ**または**バック・コンバータ**とも呼びます。

まるでトランスのように効率が良く、例えば、出力が5 V/1 Aで入力が10 Vだとすると、**入力電流は変圧比にしたがって0.5 Aになります。**実際は効率が100%ではないので、もう少し入力電流は多くなりますが、いずれにしても第2章などで紹介する**リニア・レギュレータと比べて、格段に効率が良いのです。**

##### ● DC-DCコンバータは自分で作れる

DC-DCコンバータを作るには、制御ICと周辺部品を入手して、定数設計や基板設計を行い、自分の都合に合った仕様に仕上げる方法と、電源専門メーカが製造・販売しているモジュールを購入する方法があります。

降圧型DC-DCコンバータは、用途が広いので、

### Keywords

降圧型DC-DCコンバータ、ステップダウン・コンバータ、バック・コンバータ、効率、スイッチング、パルス幅変調、PWM、スイッチング周期、スイッチング周波数、フリー・ホイール・ダイオード、ショットキー・バリア・ダイオード、ファスト・リカバリ・ダイオード、オン・デューティ、負帰還、熱暴走、高分子電解コンデンサ、リップル電流、ESR、位相補償、放熱器、パワーMOSFET

写真1に示すようなメーカ製モジュール電源もたくさん出回っています。入力10.2~32V、出力3.3/5V、1Aの電源や入力18~36Vで出力5V/1Aという電源がわずか1,000円前後で売られています。これらの多くは、高い品質管理プログラムに基づいて設計製造されているのでとても安心です。

ですが、出力電流や形状、コストなどが、自分の作りたい電子機器の仕様と合わないことがしばしば発生します。そのような場合には、自分でDC-DCコンバータを設計しなければなりません。

一昔前であれば、DC-DCコンバータの設計は難しいものの一つでしたが、最近は半導体メーカの努力によって、とても便利なICが出回り、非常に簡単に設計できるようになってきました。電源は、OPアンプ回路のように自分で作れる時代なのです。

## ■ 動作原理

### ● 入力電圧をスイッチングしてCとLで平滑する

図1に示すのは、降圧型DC-DCコンバータの基本構成です。

大きさが一定の入力電圧をSW<sub>1</sub>でスイッチングしてパルス信号に変換します。これをパルス幅変調(PWM: Pulse Width Modulation)と呼んでいます。

図1に示すSW<sub>1</sub>とSW<sub>2</sub>は、交互にON/OFFします。SW<sub>1</sub>がONする時間が長くなると、SW<sub>2</sub>がONする時間は短くなります。SW<sub>1</sub>のON時間とSW<sub>2</sub>のON時間を加えたトータルの時間はつねに一定です。このトータル時間をスイッチング周期と呼び、その逆数をスイッチング周波数と呼んでいます。

SW<sub>1</sub>とSW<sub>2</sub>で作られたPWM波は、コイルLとコンデンサCによるLPF(Low Pass Filter)で平滑されて、目的の直流出力電圧を得ます。

以上のように、変換の過程において、電力損失とな

る抵抗成分が原理的に存在しないので、きわめて効率良く電力や電圧を変換できます。

### ● 実際の回路

図2に示すように、SW<sub>2</sub>に流れる電流の方向が決まっているので、その性質を利用して、SW<sub>2</sub>にダイオードを使います。このダイオードのことをフリー・ホイール・ダイオード、またはキャッチ・ダイオードと呼びます。

フリー・ホイール・ダイオードを使えば、SW<sub>1</sub>の動きと連動して自動的にSW<sub>2</sub>の役割を果たしてくれます。フリー・ホイール・ダイオードには、ショットキー・バリア・ダイオードやファスト・リカバリ・ダイオードが使われます。SW<sub>1</sub>には、バイポーラ・トランジスタやパワーMOSFETが使われます。

## ■ DC-DCコンバータ各部の

### 電圧や電流を求める式

DC-DCコンバータの設計は、電気理論的にLCフィルタの伝達関数を求めて…と進めることもできますが、回路各部の波形を図に描いてその図から図形計算的に進めるのが一般的です。

スイッチング電源やDC-DCコンバータの設計解説本を見ると、数式が本によってまるで違ったりします。これは、図形を面積で見るとか、高さで見るとか、長さで見るとか、つまり著者がどう見たかで違ってくるため、図形から計算されているという一点を押さえれば、それほど迷うことはありません。



写真1 モジュール型DC-DCコンバータの例

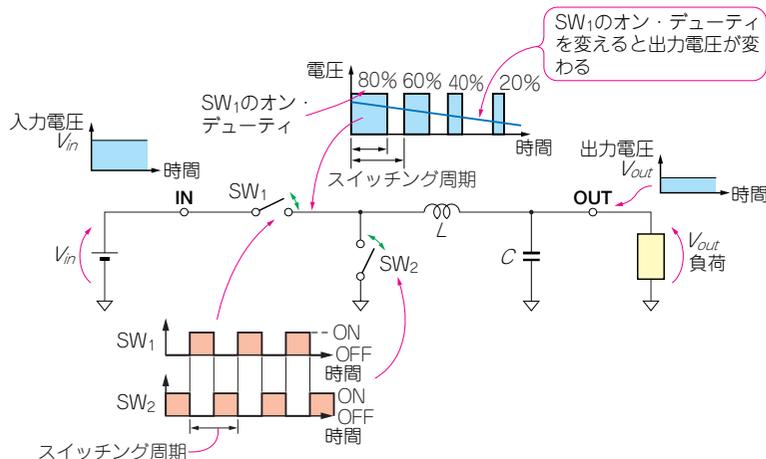


図1 降圧型DC-DCコンバータの動作原理図

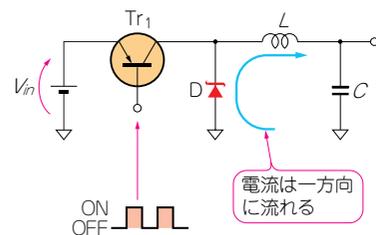


図2 実際のDC-DCコンバータの出力回路  
電流の方向が決まっているSW<sub>2</sub>にはダイオードが使える