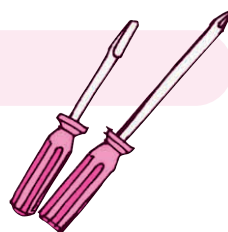


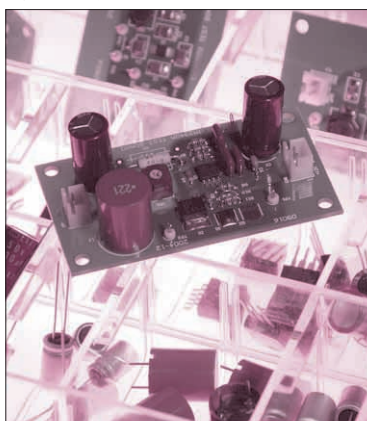
七つ道具 その 5



微小信号を扱う OP アンプや A-D コンバータにも使える

アナログ回路用の 低ノイズ DC-DC コンバータ

浜田 智
Satoshi Hamada



第1章, 第3章, 第4章, 第6章, 第7章で紹介しているスイッチング式の電源は大きなノイズが発生しやすいため, 微小なレベルの性能要求されるアナログ回路には向かないと言われてきました. 事実, 汎用の DC-DC コンバータからエネルギー供給を受けている OP アンプの出力をオシロスコープで測ると, スwitching が原因のインパルス・ノイズが観測されることがあります. しかし, ここで紹介する電源のように, 十分にアナログ回路でも使える DC-DC コンバータを製作することは可能です. 私自身が設計する微小信号用のプリアンプ回路や, 残留スペクトル特性が厳しい無線回路にも, 専用設計した DC-DC コンバータを積極的に使用しています.

本章では, 想定システム(イントロダクション図9)のアナログ回路用の $\pm 15\text{V}$ や $\pm 5\text{V}$ の電源として, トランスを使ったフライバック型の正負電源を作ります.

トランスを使う理由は, 正負電源を簡単に作る事ができるからです. また回路をくふうすることで, さらに絶縁型にも発展させることができます. トランスというと電源トランスの原理を連想し, それこそ磁気工学の数式を駆使した難しいイメージをもちますが, このフライバック型の原理は, 昇圧型(第4章)とそれほど変わらないので, とても簡単に設計することができます.

フライバック型を採用する

■ フライバック型 DC-DC コンバータの基礎知識

- トランスの1次側と2次側のコイルの巻き方向が逆
図1に示すのは, 典型的なフライバック型の回路です.

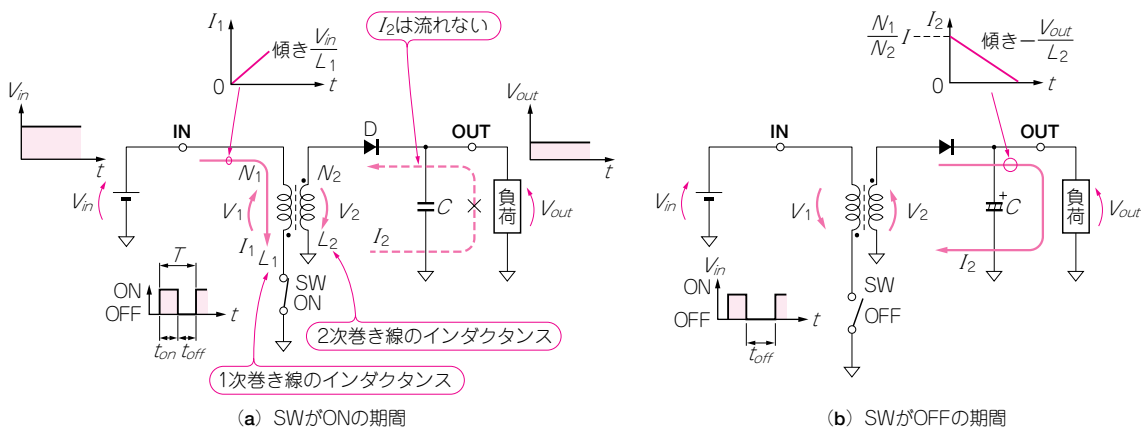


図1 典型的なフライバック型電源の基本回路

Keywords

OP アンプ, A-D コンバータ, 微小信号, フライバック, コア損失, 磁気飽和, リプル・フィルタ, センタ・ギャップ, 同相ノイズ, スパイク・ノイズ

トランスに示されている黒色の丸印は、コイルの巻き始める方向を示しています。このように、フライバック型DC-DCコンバータ用のトランスの1次側と2次側の巻き線は、互いに逆の関係になっています。ちなみに、商用周波数の電源トランスは、1次側と2次側が同じ向きになります。

● スイッチング動作とエネルギー移動のようす

▶ SW ON期間…1次側コイルにエネルギーが蓄積される

図1(a)において、 t_{on} 時にSWが閉じると、トランスの1次側には、

$$I_1 = \frac{V_{in}}{L_1} t_{on} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 L_1 : 1次コイルのインダクタンス、 V_{in} : 入力電圧、 t_{on} : SWのON時間

の電流が流れます。このときに、1次コイルと2次コイルには起電力 V_1 と V_2 が生じます。 V_1 は入力電圧と等しくなり、 V_2 は1次巻き線 N_1 と2次巻き線 N_2 の巻き数比によって、

$$V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_{in} \dots\dots\dots (2)$$

の大きさになります。このとき2次側の電流は流れません。なぜなら、ダイオードDが流れを阻止するからです。

つまり t_{on} 期間は電力の2次側への伝達がなく、2次側コイルがない状態と考えることができます。これは、第4章の昇圧型の原理と同じで、1次コイルを介して、コアに電磁エネルギーが蓄えられます。

▶ SW OFF期間…蓄えられた1次側コイル中のエネルギーが2次側に移動

次に、SWが開くと、図1(b)のように V_1 と V_2 の起電力の向きが逆向きになります。

すると2次側に電流が流れ出して、 t_{on} 期間にコア

に蓄えられた電磁エネルギーが放出されます。ダイオードの電圧降下を無視すると、

$$I_2 = I_1 \frac{N_1}{N_2} - \frac{V_{out}}{L_2} t_{off} \dots\dots\dots (3)$$

$$V_2 = V_{out}$$

の電流が流れます。

コイルには、今まで自体に流れていた電流を維持しようという基本的な性質があります。ですが、1次コイルはSWが開いたので流れることができません。そこで、はけ口を探して2次コイルから流れ出したのです。

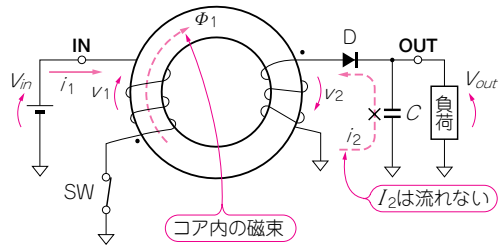
もともと電磁エネルギーは、1次コイルと2次コイルが巻き付けられている一つのコアに蓄えられていたので、1次または2次のどちらのコイルを使ってエネルギーを出し入れしても同じことなのです。

● 改めて電源トランスとの違いは

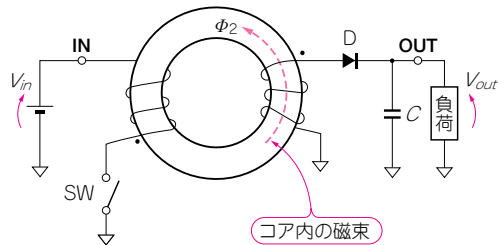
▶ 電源トランスのコア内の磁束は少ない

電源トランスの場合、1次側から入ってきた電力は、即2次側に伝達されます。そのときの磁束は図2のようになります。

2次電流で生じる磁束 ϕ_2 は、1次電流による磁束 ϕ_1 と等しくキャンセルされます。つまりコアには負荷電流による磁束は存在しません。唯一存在するのは、1次電圧による1次コイルに生じた励磁による磁束 ϕ だけです。これは無負荷のときにも存在します。この原理はフォワード型の場合も同じです。



(a) SW ON時のトランスの磁束



(b) SW OFF時のトランスの磁束

図3 フライバック電源に使うトランスのコア内の磁束は多い1次側磁束と2次側磁束がキャンセルされないで磁束変化に伴うコア損失が大きい

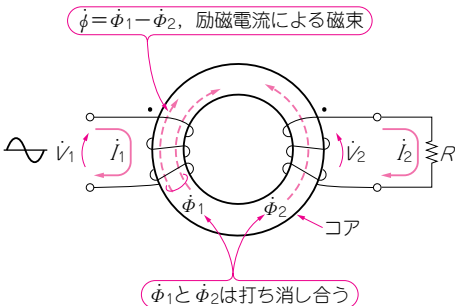


図2 商用の電源トランスのコア内に存在する磁束は励磁電流によるものだけ
2次電流で生じた磁束 ϕ_2 が1次電流による磁束 ϕ_1 とほぼ等しくキャンセルされる