

第3章 数学モデル×自動コード生成で
超高速試作&検証!

プログラムを書かずにサッ! デジタル制御電源は今

米澤 遊 Yu yonezawa

電力制御の基本となるチョップ回路(DC-DCコンバータ)について、シミュレーションを活用した制御設計方法と、モデルに基づいて制御系をマイコンに実装する自動コード生成の技術を説明します。

制御プログラムを一切書かずにデジタル制御電源を実現する方法を紹介します。

今のデジタル制御電源開発の題材回路

● 高電圧大電力で実現できるととても可能性が広がるが…

48Vを288Vに昇圧し、モータ負荷用の数十kWの電源を制御プログラムを書かずに実現できるようになるとパワエレ開発の可能性がとても広がります。ただし学習用には、高電圧は危険ですし、大電力を扱う製作はコストも手間も大変です。

今回は、原理の習得とコード生成による実装の確認を目標として、扱いやすい電圧の例を示します。具体的には、5Vから12Vへの昇圧とします。

● 題材…昇圧チョップ回路

対象とする昇圧チョップ回路を図1に示します。半導体によるスイッチとダイオード、インダクタ、キャパシタから構成されます。電源回路の分類ではブースト・コンバータ(Boost Converter)とも呼ばれ、入力電圧を昇圧する機能を持ちます。

スイッチがONするとインダクタに電流が流れてエネルギーが蓄積されます。スイッチがOFFになるとインダクタのエネルギーがダイオードを通して放出されます。スイッチは一定周期で断続的にON/OFFを繰り返し、1周期のうちにスイッチがONしている割合によって出力電圧が決まります。スイッチがONする割合はデューティ比と呼ばれ、変数にはDがよく使われます。

この回路における入力電圧と出力電圧の関係は、理想的には式(1)で示されます。

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1-D} \dots\dots\dots (1)$$

式(1)から計算すると、デューティ比が1に近づくとも無限大に電圧が大きくなると考えられます。しかし実際には、インダクタの抵抗成分によって電流が制限されるので、式(2)の関係になります。

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1-D} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{R_L}{(1-D)^2 R_{load}}\right)} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 R_L はインダクタの抵抗、 R_{load} は負荷の抵抗を示します。

式(1)と式(2)の関係を図2に示します。インダクタの抵抗成分を考慮した式(2)の場合、デューティ比を一定以上大きくすると、逆に電圧が下がります。

実際に回路を設計するときには、インダクタの抵抗成分を考慮して、無理のない範囲で昇圧することにな

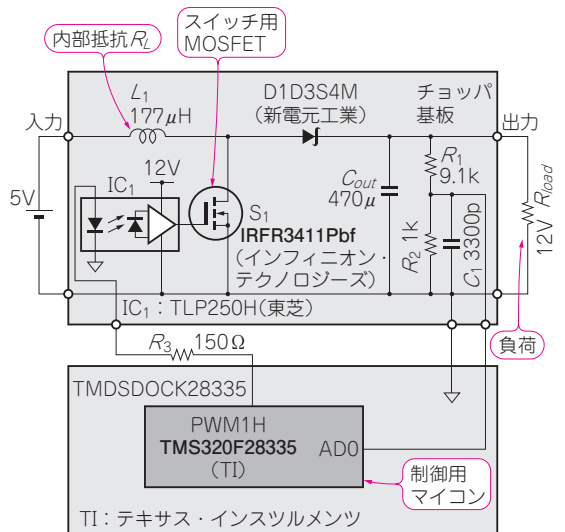


図1 プログラムを書かないで実現するデジタル制御電源開発の題材にする昇圧チョップ回路
昇圧DC-DCコンバータ、ブースト・コンバータともいう。制御系の話のポイントを絞るため、実験しやすい電圧にしている。制御の考え方は、300Vの電池からモータ駆動用の800Vを作るときでも同じ