

第6章 アナログRGB出力回路やオーディオ回路に最適な

FPGAに実装できる
各種D-Aコンバータ回路

長船 俊 Shun Osafune

アナログ信号をFPGAから出力するには、D-AコンバータICを外付けする方法が一般的ですが、抵抗やコンデンサを追加する程度の外付け回路だけで、アナログ信号を出力することもできます。ここではD-A変換の基本形について解説した後、それをFPGAと簡単な外付け部品だけで実現する方法を紹介します。そしてアナログRGB出力回路や、簡易的なオーディオ出力回路例について紹介します。

これまでデジタル・ロジック部分のみを専門に扱ってきたFPGAデバイスですが、プロセッサを取り込んで、ワンチップでシステムを構成するようになるに従って、徐々にアナログ機能も必要とされるようになりました。

FPGAに求められるアナログ機能については分野や用途によりかなり幅があるため、マイコンのように汎用化された機能として実装するのは難しく、なかなか一般化していません。アナログ機能を実装したFPGAも徐々に登場しつつありますが、現在のところA-Dコンバータの集積がメインとなっていて、D-Aコンバータまで搭載したものはかなり限られています。

そのため、アナログ出力が必要な際には、外部にD-AコンバータICを用意するのが一般的です。必要とする性能から自由に選択することができる反面、どうしても実装のコストも上がってしまいます。

ここでは簡単な外部回路でアナログ出力を得る方法について紹介します。

1. D-Aコンバータの基本形

● D-Aコンバータとは

D-Aコンバータは、ロジック回路内で用いられている離散値を連続的なアナログ値に変換することを目的とした回路のことです。基本的には、基準信号(V_{ref} :リファレンス電圧)をステップ数だけ分割して出力します。

ほとんどの場合、離散値はバイナリ符号(2進符号)によるビット列として扱われているため、入力値の各ビットに対して 2^n の重み付けを行い、その結果を計算することでアナログ値を得ます。

半導体デバイスで使われているD-Aコンバータは、動作方式によって大きく四つに分類できます。実際にはこれらが単独で使われることはあまりなく、仕様に応じて複数の動作方式を組み合わせた複合タイプが使

われます。

- 電圧型D-Aコンバータ
- 電流型D-Aコンバータ
- 電荷型D-Aコンバータ
- 変調型D-Aコンバータ

● 電圧型D-Aコンバータ

電圧型D-Aコンバータは、ビット列に対して電圧による重み付けを行い、その結果を出力します。このタイプのD-Aコンバータの代表的な回路には抵抗列型とラダー型の二つがあります。

• 抵抗列型

抵抗列型のD-A変換のしくみは図1(a)のように単純で、同一値の抵抗を直列に並べ、各タップ位置から分圧された電圧値を取り出します。この方式の長所は、抵抗列による分圧出力のため原理的に単調性が得られ、変換速度も高速である点です。また構造上、使用する抵抗値が1種類のみでよく、抵抗列に使われている各抵抗の絶対精度が直接出力の精度に影響を及ぼさない点も、製造上のメリットになります。

しかし、抵抗列型はステップ数分の抵抗を用意する必要があるため、ビット数が増加するに従って構成素子数が爆発的に増加していきます。例えば、分解能12ビットのD-Aコンバータを抵抗列型で構成しようとすると4096個の抵抗が必要です。

回路上でも抵抗列から分圧した値を切り替えるためのアナログ・スイッチが不可欠で、ビット数が多くなるに従い、これらのスイッチ群の抵抗や寄生容量が変換時間に悪影響を及ぼすようになります。

• ラダー型

ラダー型のD-A変換回路は、図1(b)のように2種類の抵抗値を梯子状に組み合わせた回路になっています。この抵抗値の配置から、 $R-2R$ ラダー回路とも呼ばれています。使用する抵抗値は R と $2R$ の2種類のみで、 $2R$ は R を2個直列することで得られるので、実質は1種類の R のみの抵抗値で構成できます。