

エンベロープ発生器と1ビット $\Delta\Sigma$ 型D-AコンバータをFPGAに実装

評価ボードDE0とDE0拡張ボードで
メロディ・チャイムを鳴らそう

長船 俊 Shun Osafune

Altera社製FPGA搭載入門ボードDE0やDE0-nanoには、オーディオ出力機能は搭載されていません。そこで、DE0拡張ボードと組み合わせ、FPGA内にPWM出力回路や1ビット $\Delta\Sigma$ 型D-Aコンバータを実装すると、ステレオ・オーディオを出力することが可能になります。ここでは後者の方法でD-Aコンバータを実装し、音源としてエンベロープ発生器を使って、メロディ・チャイムを再生してみます。

シンセサイザ(Synthesizer)は、単語の意味では合成、FPGAのワークフローの中では論理合成であったり、何かの信号を合成するモジュールを指したりすることもあります。ここでは主に電子工学的手法で音を合成する楽器「ミュージック・シンセサイザ」を指します。

電子楽器としてのシンセサイザの歴史は意外に古く、源流は1876年に作られたMusic Telegraphといわれています。その後、電子オルガンやアナログ・シンセサイザの時代を経て、1970年代後半に現在のシンセサイザの直系となるデジタル・シンセサイザが登場しています。

1. 楽器用音源のしくみ

● 音源の基本的な構成

図1はシンセサイザのうち、最も基本的な音源部分の構成を表したものです。

信号発生器(SGやWGと呼ばれる)は、周波数指示(音階情報)を元に楽器の基本の音になる繰り返し波形を生成するブロックです。

単純な音源では正弦波や矩形波といった決められた波形しか出せませんが、波形テーブル音源やPCM音源ではサンプリングしたデータを再生することでより複雑な波形を生成できます。またFM音源では、他の

信号発生器の出力を周波数指示(の変位量)として入力することで周波数変調をかけ、複雑な波形を生成するようになっています。

しかし、繰り返し波形だけでは「ピー」とか「ポー」といった単調な音になってしまい、楽器のような音にはなりません(長周期で再生できるPCM音源は例外)。

● エンベロープ発生器を使う

そこで、ほとんどの音源では生成した波形に対して振幅変調をかけるエンベロープ発生器(EG)が併用されます。エンベロープ発生器は発音(ノート・オン)をトリガにして、あらかじめ決められたパラメータで音量を変化させる信号を出力します。

楽器らしさという点では繰り返し波形よりもエンベロープの形の方が重要で、同じ波形であってもエンベロープが違うだけでピアノに聞こえたりバイオリンに聞こえたりします。

この二つのブロックを組み合わせたものが楽器1音分の音を鳴らす音源となります(FM音源では、このユニットを複数個組み合わせて1音分の音源を構成している)。シンセサイザではこの音源ブロックが複数個実装され、同時に複数の音を出すことができるようになっています。この同時に発音可能な音の数のことを指して「○和音」とか「○音ポリフォニック」といった呼び方をします。

2. FPGA実装の例

一口にシンセサイザといっても、初期の非常にシンプルなものから最新の非常に複雑なものまで、仕様は多種多様です。ここでは1980年代の電子工作でおなじみだったメロディICを評価ボードDE0上で再現してみます。この時代のメロディICは非常に単純な構成をしているので、音源として再現するには手頃な仕様です。

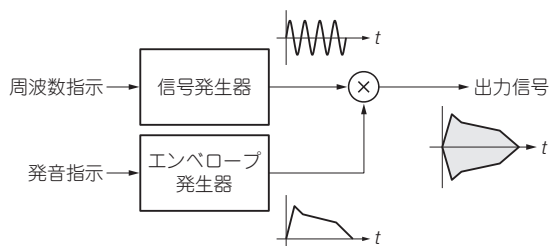


図1 音源の基本的な構成