

1. 担当 PM

プロジェクトマネージャー：藤井 彰人 PM
(KDDI 株式会社 ソリューション事業本部 ソリューション事業企画本部
副本部長 兼 クラウドサービス企画部長)

2. 採択者氏名

クリエイター (代表)：青木 海
(筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類)
クリエイター：尾崎 嘉彦
(筑波大学 大学院システム情報工学研究科 コンピュータサイエンス専攻)

3. 委託金支払額

2,304,000 円

4. テーマ名

音楽・マルチメディア用ビジュアルプログラミング言語から HDL への高位合成ツールの開発

5. 関連 Web サイト

<http://sigboost.audio/>

6. テーマ概要

本プロジェクトでは、プログラマブルな電子楽器 “sigboost” を開発した。sigboost は楽器本体である “sigboost Processor” と、Cycling’ 74 Max による記述から回路論理等を生成する高位合成処理系 “sigboost HLS System” を合わせたシステムの総称を言う。ユーザは Cycling’ 74 Max を用いて作成したシンセサイザ / エフェクタを sigboost 本体上で動作させることができる。

sigboost の開発により、アーティストがハードウェア楽器の開発を行うことを可能にした。また、ソフトウェア楽器では開発が困難 / 不可能な低レイテン

シ・同時発音数の多いシンセサイザ等の作成を容易に行うことを可能にした。

7. 採択理由

テクノロジーの進化によりマルチメディアコンテンツ制作の現場も大きく進化し、Max に代表されるような音楽とマルチメディアを融合させるビジュアルプログラミング環境などへと進化している。本プロジェクトは、その複雑さが増加し高負荷となるメディア処理系を、HDL を活用し高位な合成処理へと切り出すことを目指した提案である。メディアの新たな発展を促進するだけでなく、注目される FPGA/HDL 活用の具体的な提案であり、クリエイタの実経験に根ざした動機であることから、採択すべき提案であると判断した。

従来の手法で実現できていたこと以上のことを具現化する必要があり、技術的にも大きな課題が想像できるが、新しい表現手法の獲得のためにも、未踏プロジェクトとしてチャレンジして欲しいと考えた。

8. 開発目標

本プロジェクトの目的は大きく 2 つある。一つは高位合成技術の進歩と普及に貢献することである。ソフトウェアデベロッパやアーティストが、高位合成を用いた FPGA ハードウェアアクセラレーションによって既存の問題を解決した事例を作成し、それを高位合成処理系のユーザ層を広げるための足がかりとする。もう一つは、ソフトウェアによる芸術表現に対する制約を、FPGA によるハードウェアアクセラレーションによって実際に解決することである。

本プロジェクトでは Max から HDL への高位合成処理系を開発することで、この 2 つの目的を達成する。

9. 進捗概要

本プロジェクトではプログラマブルな楽器 sigboost を開発した。sigboost は 2 つのコンポーネントからなる。一つは楽器本体となる sigboost Processor である。もう一つは sigboost Processor を動作させるためのバイナリイメージを出力する sigboost HLS System である。ユーザは Max を用いてシンセサイザ・エフェクタなどの楽器を記述し、sigboost HLS System を用いてバイナリイメージを作成する。このバイナリイメージを microSD カードに入れて sigboost Processor に挿入すると、sigboost Processor は Max で開発した楽器と等価な処理を行なうハードウェア楽器として動作する。

- sigboost Processor
sigboost Processor (図 1) は 2ch のステレオ音声出力と 1ch のステレ

オ音声入力、各 1ch の MIDI 入出力、および PC 接続用の USB ポートを備えたハードウェアである。内部には Digilent 社製の Zynq-7000 評価ボード ZYBO (図 2) を用い、必要に応じて入出力の拡張を行っている。ZYBO は Xilinx 社製の Zynq-7000 (XC7Z010-1CLG400C) を搭載しており、Zynq-7000 は 2 つの ARM CPU と 1 つの FPGA が一体となって構成された SoC となっている (図 3)。



図 1 sigboost Processor 実機

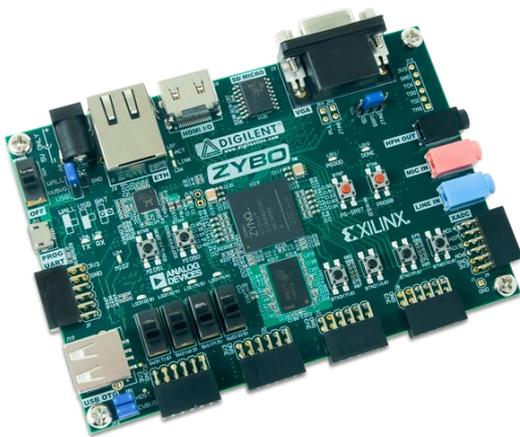


図 2 Digilent 社製 ZYBO

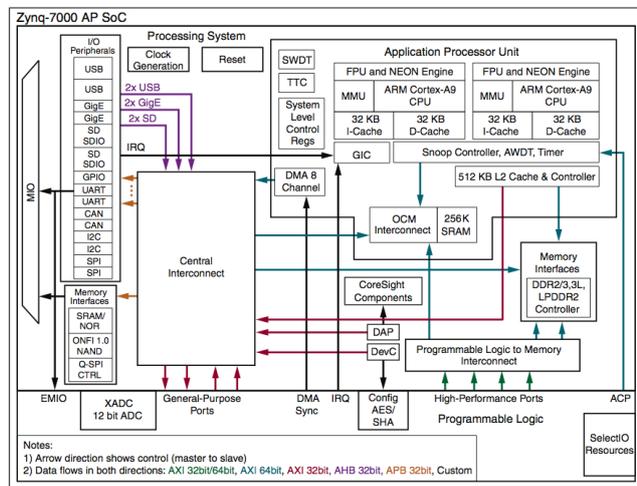


図 3 Zynq-7000 のブロック図

引用元 : <https://reference.digilentinc.com/zybo/zybo>

- sigboost HLS System
 - sigboost HLS System は Max プログラム (maxpat) を入力として受け取り、Zynq 用のバイナリイメージを出力する一連のビルドシステムの総称である。sigboost HLS System は高位合成処理系と自動ビルドシステムの 2 つ

の部分からなる。

高位合成処理系は、Max プログラム (maxpat) を入力として受け取り、これと等価な動作を実現する為に必要な信号処理回路を表現した SystemVerilog コードや、メッセージの制御を行う C コードを出力するプログラムである。高位合成処理系は Max プログラムの解析を行った上で、予め記述しておいた各 Max オブジェクトに対応する SystemVerilog モジュールの接続や C 関数の呼び出しを生成する (図 4)。

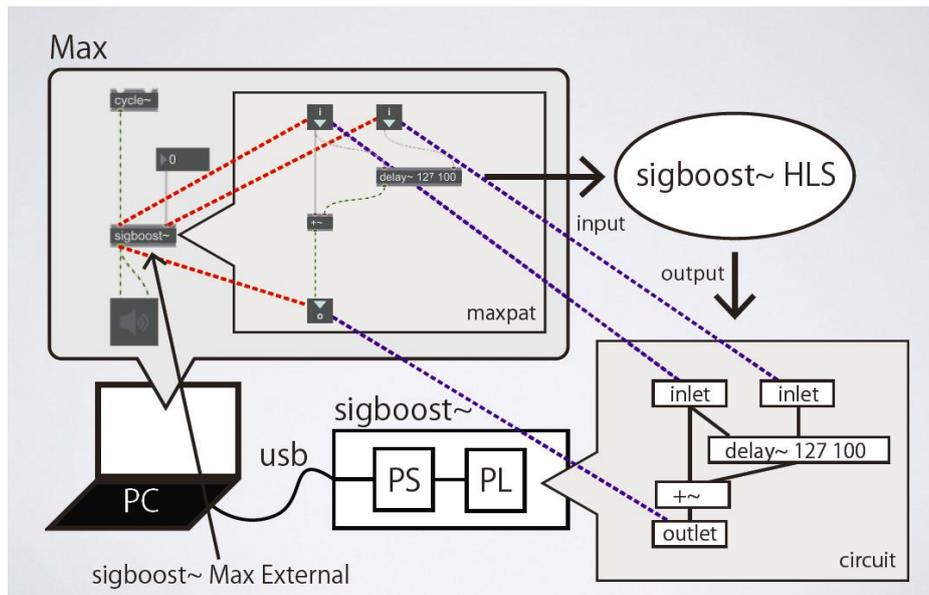


図 4 システム全体のイメージ

自動ビルドシステムは、リポジトリからの最新コードの取得、前述の高位合成処理、生成されたコード類を用いた FPGA 用の論理合成・配線配置、CPU 用のコンパイル・ビルドを行なう。さらに最終的に生成された FPGA 用の回路イメージと CPU 用の実行バイナリをパッケージして、sigboost Processor を microSD カードから起動するためのイメージファイルを作成する。

- sigboost~ Max External Object

sigboost は sigboost Processor を PC と USB 接続することで、PC 上の Max と連携して処理を行う機能を持つ。これを実現する sigboost~ Max external object (図 5) とデバイスドライバを開発した。



図 5 PC 上の Max で動作する sigboost~ オブジェクト

10. プロジェクト評価

プログラム可能な楽器として機能するためには、低レイテンシかつ多重処理を実現するプロセッサ部分と、ビジュアルにプログラミングを行う部分とを実装しなければならず、この要件を満たすために、sigboost では、Max 連携及び maxpat 高位合成処理部分と、FPGA を活用したデジタル処理部分をそれぞれ実装している。デジタル処理部分は CPU に依存する PC のみでは実現することが現実的に困難であり、FPGA を活用してそれを汎化し外出しするアイデアは非常に有益かつ斬新である。また実装が非常に難しい FPGA 化の為の処理系を見事に実装した能力は高く評価したい。

あえて、将来の発展を加味して比喻を用いるとすれば、スタンドアロンな専用計算機の世界に、PC/Network/Software の世界を提示したのと同様なインパクトを、楽器業界に提示するものであり、sigboost 用バイナリの流通などを実現させることができれば、ビジネス面でも大きな発展性を秘めているプロジェクトである。

11. 今後の課題

sigboost は、Max を利用するアーティストをターゲットにして開発されているため、まずはその対象ユーザに広く利用してもらえるようにすることが直近の課題である。そのためには、クリエイター自身が sigboost を活用しその有用性を示すことが大切であり、当然さらなる Max オブジェクトの移植などが必要になる。広く普及させていく段階では、Production, Marketing の両面の課題を解決せねばならない。プロジェクトの性質からしても、ハードウェアが絡むため、企業との協業もある程度早い段階から検討しなければならないと考えられる。