

自作マイコンの開発を容易にする開発環境

— マイコンを使うから作るへ:NextMicon —

1. 背景

マイクロコンピュータ、通称マイコンは、一つの半導体部品上にコンピュータに必要な機能を集約したもので、現代社会において幅広く利用されている。家電製品、自動車、スマートフォンなど、多岐にわたる電子機器がマイコンを搭載し、これによって高度な制御や情報処理が実現されている。

これらの製品に搭載されているマイコンは、大まかに汎用マイコンと専用マイコンの 2 種類に分類される。汎用マイコンは、マイコンメーカーが広く販売しているものであり、広範なアプリケーションに使用される。対照的に、専用マイコンは特定の製品やシステムに特化して開発されたものであり、回路がアプリケーションに合わせて最適化されている。

専用マイコンの有名な例として、ファミコンがある。ファミコンには、音楽生成回路などゲーム機に特化した回路を盛り込んだ専用マイコンが搭載されている。このような、製品の機能に特化した回路を搭載した専用マイコンは、製品の高速化、省電力化、コスト削減などに貢献する。

専用マイコンの開発は開発コストが膨大であるため、大規模な製造業に限られてきた。しかし、FPGA(Field Programmable Gate Array)を使えば、同様の開発を個人の趣味レベルでも行うことは可能である。FPGA はユーザが内部回路を書き換えられる集積回路であり、FPGA にマイコンの回路を書き込むことで自作のマイコンを作ることができる。

近年、Maker Movement のような潮流の中で、電子工作を趣味とする人が増加している。彼らは主に Arduino や Raspberry Pi などの市販のマイコンボードを利用しモノを作っているが、マイコンから自作している例はまだ少ない。その一因として、FPGA 開発に必要なスキルや知識のレベルが高いことが考えられる。

しかし、FPGA を使うことで、個人の趣味プロジェクトでも独自のマイコンを開発できるようになる。自分の作品に特化した回路を搭載し、高速化、省電力化などのメリットを享受できる。何よりも、マイコンから作ることで、組込開発に対するより深い理解と達成感が得られる。

2. 目的

そこで、本プロジェクトでは、マイコンから作る組込開発の敷居を下げるべく、FPGA を使った自作マイコンの開発とそれを使ったアプリケーション開発を容易にする開発環境を作る。

3. 開発の内容

本プロジェクトでは、手軽にマイコンを設計し使用できる「NextMiconIDE」を開発した。NextMiconIDE を使用した開発フローを「Hello World」と「L チカ」を例に示す。

ステップ 1: マイコンの回路を設計

NextMiconIDE を使ったマイコン開発では、最初に、マイコンの回路を設計する。マイコンの設計は IDE のマイコンエディタ(図 1)を用いてグラフィカルに行うことができる。

マイコンエディタ(図 1)の画面左側にはパッケージパレットがあり、マイコンの回路で使

用可能な部品の一覧が表示されている。画面右側には回路図があり、設計中のマイコンが表示されている。ユーザは左側のパッケージパレットから自分のマイコンに追加したい機能パッケージを選択し、右側の回路図に配置し、パッケージ間を配線するという操作を繰り返して、独自のマイコンを設計する。

マイコンの設計には、さまざまな種類の部品が使用できる。例えば、図 1 では「Serial」というシリアル通信を行うための部品のインスタンス「serial」を作成している。そして、serial の送受信を行う通信ポートを FPGA のピンに接続している。これにより、マイコンにシリアル通信を行うための専用回路(ペリフェラル)が追加される。また、図 1 の「serial」の下には「ledout」という名前のブロックがあるが、これは GPIO のインスタンスである。

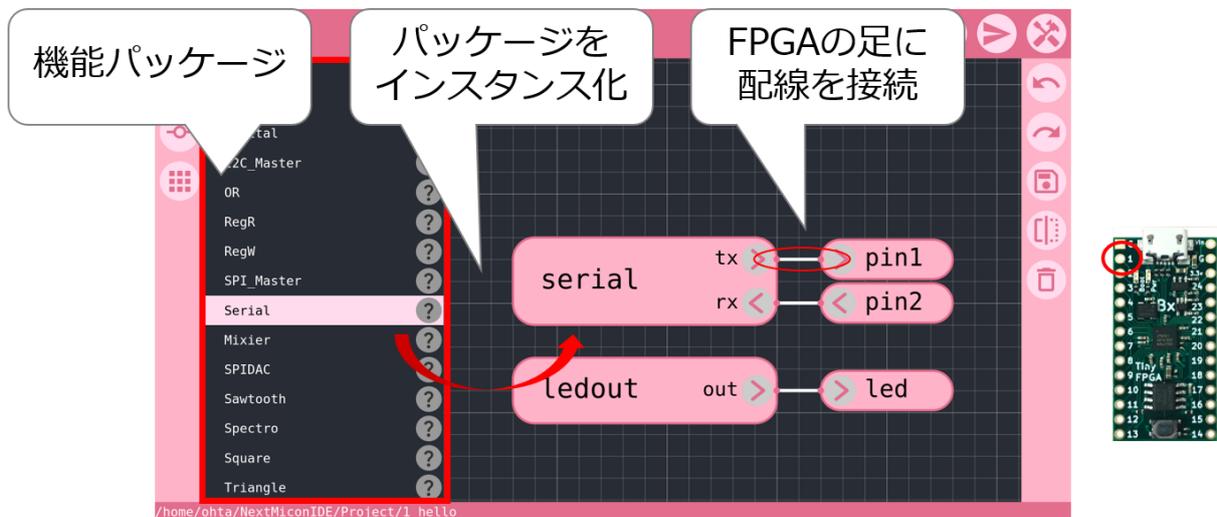


図 1: IDE のハードウェア編集画面上でマイコンの回路を設計する

ステップ 2: マイコンで動かすプログラムを実装

マイコンで動かすソフトウェアを、IDE のソフトウェアエディタ(図 2)で実装する。マイコンをプログラミングするには、ハードウェアを制御するためのライブラリ(ファームウェア)が必要となる。NextMiconIDE は図 1 で設計したマイコンに対応するファームウェアを自動生成する。生成されたファームウェアのメソッド一覧表が、ソフトウェアエディタ(図 2)の画面左側に表示される。ユーザはこれらのメソッドを使用して、画面右側のテキストエディタでプログラミングする。例えば、図 2 では serial のメソッド print を使って、シリアル通信で「Hello FPGA!」と文字列を送信している。また、ledout のメソッド write を使って、LED を点滅するプログラムを実装している。

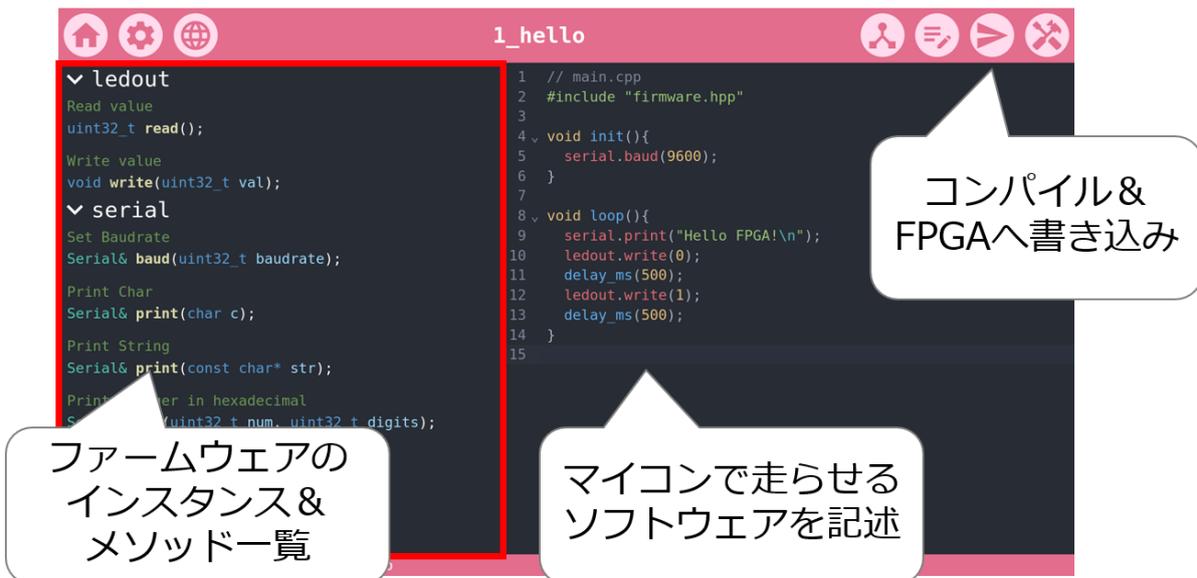


図 2: IDE のソフトウェア編集画面でプログラムを実装する

ステップ 3: FPGA に書き込む

ユーザは最後に、コンピュータと FPGA を接続し、実行ボタン(図 2 の右上)を押す。マイコンのハードウェアの論理合成と、ソフトウェアのコンパイルが行われ、バイナリが FPGA に書き込まれる。すると、ハードウェアエディタ(図 1)で設計したマイコンが FPGA 上に構築され、ソフトウェアエディタ(図 2)で実装したプログラムがそのマイコン上で実行される。

作品例: 音源付きマイコン

NextMicon を使った電子工作の例として、音源回路を搭載したマイコンを作成した。図 3 は作成したマイコンの回路図である。4 チャンネルの方形波発振回路で音の信号が生成され、ミキサで合成され、DAC から出力される。FPGA は任意のデジタルを実装することはできるがアナログ回路を実装することはできないため、FPGA に DAC IC を外付けし、FPGA には DAC IC との通信を行う回路を実装した。

実際に作成した回路基板を図 4 に示す。FPGA ボード、ブレイクアウトボード、拡張基板の 3 種類から構成されている。FPGA ボードには Lattice 社製の iCE 40 FPGA を使用した TinyFPGA BX というボードを使用した。ブレイクアウトボードは、FPGA ボードと拡張基板を接続するための基板である。拡張基板は、FPGA に外付けし機能を拡張する基板である。図 4 の例では、スイッチ基板、USB シリアル変換基板、DAC 基板、ADC 基板の 4 種類が接続されている。

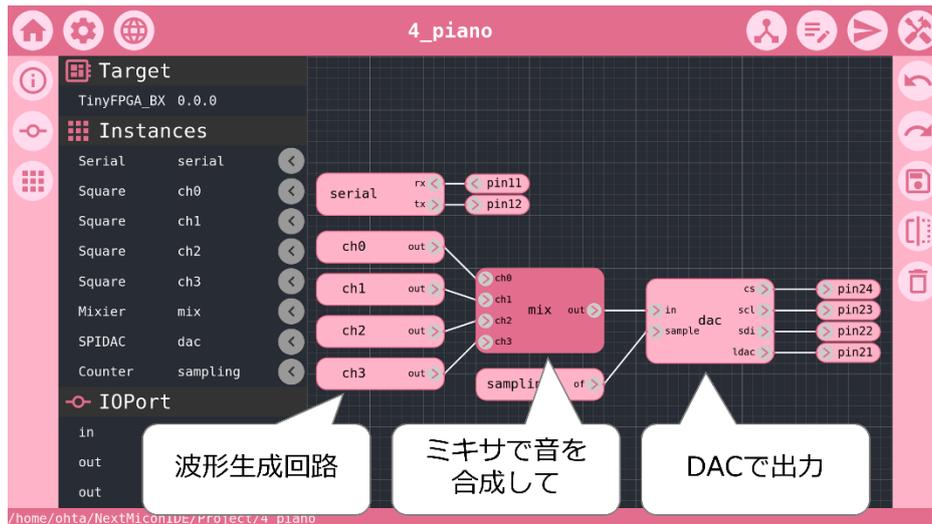


図 3: 音源付きマイコン

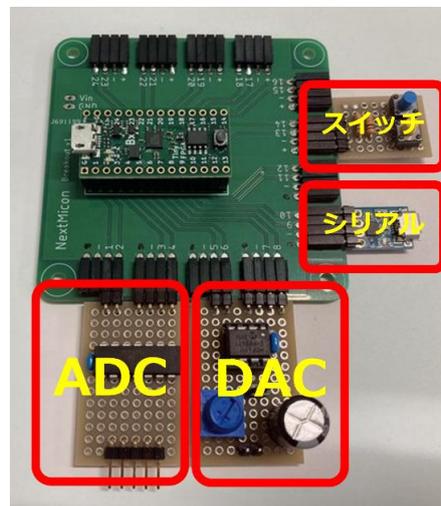


図 4: 作成した回路基板

4. 従来の技術(または機能)との相違

NextMiconIDE は、FPGA 初心者にとっても容易にマイコンを開発することができる開発環境である。既存の FPGA 開発ツールにも、GUIで回路を編集できるものや、マイコンを生成することができるものは存在している。しかし、それらを一体の IDE という形でまとめ、初心者でもわかりやすい UI でラップしたという点は、従来の FPGA 開発ツールにはない NextMiconIDE の強みである。

5. 期待される効果

これまで、FPGA 開発には複雑なベンダ製の IDE を使用する必要があり、FPGA 初学者にとって負担となっていた。一方、NextMiconIDE を使用すれば FPGA 初心者でも簡単に FPGA を使った組込開発を始められるようになる。Arduino がマイコンの敷居を下げたように NextMicon が FPGA の敷居を下げ、電子工作において FPGA という選択肢がより一般的なものとなることを期待している。

6. 普及(または活用)の見通し

今後 IDE の改良を進め、チュートリアルやマニュアルを整備し、リリースする予定である。その後、ものづくり系のイベントやワークショップを通じて、積極的にユーザを増やしていきたいと考えている。また、大学・高専での授業で使いたいという声を頂いており、そのための教材作成などにも取り組んでいきたい。

7. クリエータ名(所属)

太田 涼介(東京大学 大学院 新領域創成科学研究科)

(参考)関連 URL

NextMicon の GitHub リポジトリ: <https://github.com/NextMicon>