

2020年6月24日
株式会社インプレスR&D
<https://nextpublishing.jp/>

リーズナブルなボードでFPGA入門！
『TANG PriMERで始めるFPGA&Verilog入門
AI時代の高速・並列計算デバイスへの第一歩』発行
技術の泉シリーズ、6月の新刊

インプレスグループで電子出版事業を手がける株式会社インプレス R&D は、『TANG PriMERで始めるFPGA&Verilog入門 AI時代の高速・並列計算デバイスへの第一歩』(著者:AKI)を発行いたします。

最新の知見を発信する『技術の泉シリーズ』は、「技術書典」や「技術書同人誌博覧会」をはじめとした各種即売会や、勉強会・LT 会などで頒布された技術同人誌を底本とした商業書籍を刊行し、技術同人誌の普及と発展に貢献することを目指します。

『TANG PriMERで始めるFPGA&Verilog入門 AI時代の高速・並列計算デバイスへの第一歩』
<https://nextpublishing.jp/isbn/9784844378877>



著者:AKI

小売希望価格:電子書籍版 1800円(税別)／印刷書籍版 2000円(税別)

電子書籍版フォーマット:EPUB3／Kindle Format8

印刷書籍版仕様:B5判／カラー／本文116ページ

ISBN:978-4-8443-7887-7

発行:インプレスR&D

<<発行主旨・内容紹介>>

これまで高価だったFPGAボードですが、大幅に安価なFPGAボード「TANG PriMER FPGA Dev. Board」の登場で、手に届きやすくなりました。

この開発環境の構築や汎用開発言語 Verilog HDL の基礎を紹介するのが本書の目的です。

(本書は、次世代出版メソッド「NextPublishing」を使用し、出版されています。)

FPGAとTANG PRiMERの特徴を紹介

第2章 TANG PRiMERの特徴

この章ではTANG PRiMERの特徴についてご紹介します。

2.1 価格が安い

市販のFPGAボードは1万円以上するものが多いです。ボードに搭載されているFPGAや周辺回路/部品にもよりますが、例えばXilinxのArtix7 35Tを搭載した「410-319」という評価ボードは約15,000円です。もう少し小型で安い価格帯のCmodシリーズ「410-328-35」というボードも約10,000円です。マルツにて取り扱いのあるMAX10搭載ボードも、単体ではFPGAへの書き込み機能がないため、ライター基板を別途購入すると合計10,000円程度です。マイコンとFPGAを単純に比べるとはナンセンスに思えますが、マイコンボードであるArduino UNOが3,000円程度で購入できることに比べると、「FPGAをちょっと試してみたい」という動機でFPGAボードを購入するには、財布の余裕と勇気が必要であるように思えます。

そこでTANG PRiMERの価格をみてみると、2,500円程度です。もちろんFPGAの性能やボードに搭載された周辺回路を見ると、XilinxやIntelのFPGA評価ボードと単純に比較できません。しかし、「FPGAをちょっと試してみたい」という時にとても買いやすい金額のボードだと思います。Arduino UNOよりも安いのです。これなら「壊してしまったらどうしよう」という不安も少なく済むのではないでしょうか。

2.2 シンプルな構成

FPGAチップ自体の構成やボードに搭載された周辺回路の構成がシンプルです。また、開発環境の構成もシンプルであるため、「機能がありすぎて、どこをどう触ったらいいかわからない」という状況を選ばれると思います。FPGAにシンプルに入門できることと思います。

2.3 FPGAボードの特徴

TANG PRiMER Dev. Boardと、これに搭載されているFPGAの特徴についてご紹介します。紹介にあたり、下記の公式ドキュメントページを参考にしました。

Speedドキュメントサイト: TANG PRiMER DOCS<https://tangspeed.com/en/>
開発環境の構築方法や使い方、基板の特徴などが記載されています。

2.3.1 Dev.Boardの特徴

TANG PRiMERはAnlogic Technologies社製FPGA EG4S20を搭載した小型のFPGA開発ボードです。TANG PRiMERはFPGAのチップそのものではなく、FPGAが搭載されたボードのことを指

しています。この特徴についてご紹介します。

TANG PRiMERの表裏の写真と、これに主要な搭載部品について記載したものを図21と図22に示します。

図21: TANG PRiMERの表側

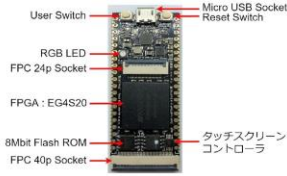
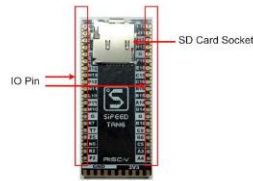


図22: TANG PRiMERの裏側

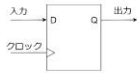


基板表裏の真ん中あたりに載っている大きめの部品がFPGA (EG4S20) 本体です。Micro USBコネクタが搭載されており、ここから回路への給電とオンボードJTAGデバッガとの接続を行えます。特に、JTAGデバッガが回路に搭載されていることは便利なポイントです。スイッチがふたつ載っており、ひとつはFPGAのリセットスイッチ、もうひとつはユーザースイッチです。RGB LEDも搭載されています。本書ではユーザースイッチとRGB LEDを使ってFPGAで動く回路例をご紹介します。表裏にはFPCソケットが搭載されており、カメラやLCDモジュールが接続可能な様です。

FPGA開発の概要と基礎を解説

書籍等に「D-フリップフロップ」という名称で載っているものが多いです。図46に同期フリップフロップのイメージを示します。基本的な動作としては、「クロック信号の立ち上がりのタイミングでデータを取得・保持」します。

図46: クロックに同期するフリップフロップ



4.4 クロックとは

同期回路でポイントとなる「クロック」について説明します。

クロックは電圧が周期的にHigh/Lowと入れ替わる信号です。同期回路はこのクロック信号のタイミングに合わせて動きます。クロック源は水晶発振子や発振器といったものがあります。本書で紹介するTANG PRiMERにも発振器が搭載されており、24MHzのクロックを使用することができます。また、内部に「PLL」という回路を搭載しているFPGAは、クロック源の周波数を元にPLLを使って別の周波数を作ること可能です。

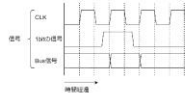
同期回路を作る場合は、フリップフロップ等の同期回路はクロックの立ち上がりエッジで動作するように作ることが多いです。

4.5 タイミングチャート

回路の動作(信号の変化)を時系列的に図で表したものを「タイミングチャート」と言います。タイミングチャートの例を図47に示します。

縦軸に信号レベル (High/Low)、横軸に時間をとり、信号間のタイミングの関係を表す時などに使います。

図47: タイミングチャートの例



4.6 Setup/Hold Time

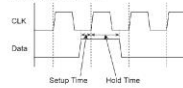
順序回路を使用する際に考えなければならない事項である、「Setup Time」と「Hold Time」について説明します。

フリップフロップ等の順序は、クロックの立ち上がりエッジでデータを取り込む動作とすることが多いことを前述しました。このような回路において、もし立ち上がりエッジのタイミングで取り込む対象のデータが変化すると、出力値が保証できなくなります。データを取り込むタイミングでデータがフラフラすると、どんなデータを取り込むのかわかりません。

このため、立ち上がりエッジに対してデータが変化してはいけない前後の時間がある場合、「入力」が変化してはならない時間」の前側を「Setup Time」、後ろ側を「Hold Time」と呼びます。Setup/Hold Timeのイメージを図48に示します。

Setup/Hold Timeの制約が守られないと、回路が正しく動くことが保証されません。FPGA開発では、時間の制約を行う場合は「タイミング制約ファイル」というファイルに時間の制約を定義して、回路の構築を行います。

図48: Setup/Hold Time



4.7 並列に動作する

論理回路の動作の仕方の特徴についてもご紹介しておきたいです。特に、マイコン等のCPU向けのプログラムを書いた経験がある方にとっては、Verilogで回路をプログラムする時に混乱するであろうポイントについて述べておきたいです。それは、「回路は並列に動く」ということです。CPU向けのプログラムを書く場合、逐次処理としてソースコードの上から下に流れる処理を考えた方が多いかと思いますが、Verilogでコードを書く際にこの考え方に引っ張られると、混乱する場面が出てきます。もちろん回路の作り方にもよりますが、ソースコードを上から下に向かって読めて「この処理が終わったら、次にこの処理が始まるはず」という認識は、Verilogを書く際に混乱の元になります。この感覚は実際にVerilogでコードを書いていく中でわかっていくものと思いますが、まずは「回路は並列に動く」ということを頭に入れておいてください。

それでは、次の章ではいよいよ開発環境を構築します。実際にFPGAの開発を進めていきましょう。

第7章 Verilog HDLの基礎

いよいよ本章から、Verilog HDLを使った回路記述について解説します。組み合わせ回路からはじめ、次に順序回路という順番で進めていきます。回路の記述を行いながら、その都度必要となるVerilog HDLの文法を紹介し、FPGAで実際に回路を動かす実習形式で基礎を学びましょう。

7.1 Verilog ファイルの構成

Verilog HDLを記述するにあたり、Verilogのソースファイルの構成を簡単に説明します。ここでは開発環境の使い方の章でサンプルとして記述した「TANG PriMERのスイッチ入力をそのままLEDにスルー出力する回路」を例にとり、Verilog ファイルの構成を説明します。

7.1.1 ハードウェアの構成

Verilogコードを書くにあたり、ハードウェアの構成を簡単に押さえておきます。ハードウェアにはクロックやデータ信号の入力ポートがあります。回路は内部で入力された信号から何らかの処理を行い、その結果として出力ポートから信号が出力されます。

- ・入力ポート
- ・回路
- ・出力ポート

Verilogのコードを書く場合には、基本的にこの構成に従って記述します。サンプルコードでは入力がスイッチ (SW)、出力がLED (LED_G) でした。

7.1.2 モジュールの宣言

では実際に回路の構成をVerilogのコードとして記述していきます。Verilogのソースコードは「モジュール」と呼ばれる回路ブロックの単位で構成されています。通常はひとつのソースファイルとひとつのモジュールを対応させます。

Verilogのコードでは、下記の書式でモジュールを宣言します。

```
モジュール宣言の書式
module [モジュール名] ( [ポート] );
endmodule
```

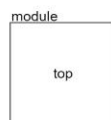
module と endmodule というワードで囲み、module の横には名付けたいモジュール名を記述します。モジュール名の後にポート宣言を記述するカッコを置きますが、カッコの横にはセミコロンが必要なおことに注意してください (ポート宣言については後述します)。

「top」という名前のモジュールを宣言するには、下記のように記述します。

```
top.v
module top ( );
endmodule
```

これはTDでソースファイルを作成した時にデフォルトで記述されていた内容ですね。このモジュールのイメージを図7.1に示します。この状態では、まだ中身が無い空っぽの状態です。

図7.1: moduleの宣言



7.1.3 入出力ポートの宣言

先程モジュール宣言の説明で、カッコでポート宣言を記述すると述べました。これについて説明します。

回路にはクロック信号やデータ信号等の何かしらの入力信号があり、回路内部で処理した後の出力信号もあります。TANG PriMERのボードには入力としてスイッチ、出力としてLEDがあります。これらをモジュールに接続した場合の入出力のイメージを図7.2に示します。これらの入口と出口をモジュールに宣言する必要があります。

<<目次>>

- 第1章 FPGA の特徴と用途
- 第2章 TANG PriMER の特徴
- 第3章 FPGA 開発の概要
- 第4章 論理回路/デジタル回路の基礎
- 第5章 開発環境の構築
- 第6章 開発環境の使い方
- 第7章 Verilog HDL の基礎
- 第8章 Icarus Verilog による回路シミュレーション
- 付録A 2 入力回路実習の準備

<<著者紹介>>

AKI

なんでも作ることが好き。ハンドメイド,電子工作,等/ Maker Faire Tokyo 2018 / HACK DAY 2018, 2019 / 某国 高専卒 電気・情報系 / 今は Django(Python)を勉強中。

<<販売ストア>>

電子書籍:

Amazon Kindle ストア、楽天 kobo イーブックストア、Apple Books、紀伊國屋書店 Kinopyy、Google Play Store、honto 電子書籍ストア、Sony Reader Store、BookLive!、BOOK☆WALKER

印刷書籍:

Amazon.co.jp、三省堂書店オンデマンド、honto ネットストア、楽天ブックス

※ 各ストアでの販売は準備が整いしだい開始されます。

※ 全国の一般書店からもご注文いただけます。

【インプレス R&D】 <https://nextpublishing.jp/>

株式会社インプレス R&D(本社:東京都千代田区、代表取締役社長:井芹昌信)は、デジタルファーストの次世代型電子出版プラットフォーム「NextPublishing」を運営する企業です。また自らも、NextPublishingを使った「インターネット白書」の出版など IT 関連メディア事業を展開しています。

※NextPublishing は、インプレス R&D が開発した電子出版プラットフォーム(またはメソッド)の名称です。電子書籍と印刷書籍の同時制作、プリント・オンデマンド(POD)による品切れ解消などの伝統的出版の課題を解決しています。これにより、伝統的出版では経済的に困難な多品種少部数の出版を可能にし、優秀な個人や組織が持つ多様な知の流通を目指しています。

【インプレスグループ】 <https://www.impressholdings.com/>

株式会社インプレスホールディングス(本社:東京都千代田区、代表取締役:松本大輔、証券コード:東証1部9479)を持株会社とするメディアグループ。「IT」「音楽」「デザイン」「山岳・自然」「モバイルサービス」「学術・理工学」「旅・鉄道」を主要テーマに専門性の高いメディア&サービスおよびソリューション事業を展開しています。さらに、コンテンツビジネスのプラットフォーム開発・運営も手がけています。

【お問い合わせ先】

株式会社インプレス R&D NextPublishing センター

TEL 03-6837-4820

電子メール: np-info@impress.co.jp