

電子工学科 実験報告書

実験題目： 各種計算ハードウェアの活用 VHDL によるデジタル回路の設計
担当教員： 木場 隼介 先生
実験開始日： 令和 5 年 10 月 12 日
実験終了日： 令和 5 年 10 月 19 日
提出日： 令和 5 年 10 月 24 日
再提出日：

学年： 5 年
出席番号： 12
実験班： B 班
氏名： 河合 将暉

共同実験者名：

コメント欄

1 目的

本実験では、業界標準の VHDL と Altera(Intel) 社の Quartus Prime Lite Edition を使用し、HDL, FPGA を用いたデジタル回路設計の基本的な考え方と手法を習得することを目的とする。

2 解説

2.1 VHDL・FPGA とは

VHDL とは IEEE で標準化されたデジタル回路設計用のハードウェア記述言語 (HDL: Hardware Description Language) である。従来の電子回路設計はプリント回路基板設計用の CAD などを用いて多数の電子部品を回路図記号で表記することが一般的で製造後に回路構成を変更できなかったが、現場で論理回路の構成をプログラムできる論理回路を集積したデバイス (FPGA: Field Programmable Gate Array) が登場すると、HDL を用いてその論理ゲートをプログラミングのように記述することが可能になった。HDL には VHDL, VerilogHDL の 2 種類が存在し、VHDL は FPGA が登場した初期から存在し、Ada 言語や Pascal 言語を参考に記法が作られている。VerilogHDL は比較的新しい言語で C 言語ベースの記法で作られている。明確な違いの例を挙げると、論理演算子が VHDL では and or not であるが VerilogHDL では & | ~などの記号で表されている。

2.2 Altera 社について

Altera 社は 1983 年に設立された PLD(Programmable Logic Device) の代表的企業で、システムオンプログラマブルチップを可能とするべく、様々な技術を開発し、その中ではチップ内にメモリやマイクロプロセッサ、トランシーバを埋め込んだものも存在するという。現在では Intel 社に買収され、FPGA 部門として活動している。

2.3 Quartus Prime とは

3 実験内容

3.1 使用器具

表 1: test

No	機器名	型番	シリアル No	備考
1	FPGA ボード	Cyclone V E FPGA Development Kit	2	シリアル No は外箱の番号を記載
2	PC	ASUS		

3.2 実験準備

Altera(Intel) 社から発売されている評価ボード Cyclone V E FPGA Development Kit を使用した。このボードに搭載されている FPGA の Cyclone V E FPGA (5CEFA7F31I7N) と周辺機器の LED4 個, 押しボタンスイッチ 4 個, クロック発振器 (50MHz), キャラクタ液晶などが搭載されている。準備として, Quartus Prime の操作手順について以下に示す。

- 1) New Project Wizard の起動
- 2) プロジェクト名の指定
- 3) テンプレートの設定
- 4) 使用する設計ファイルの設定
- 5) ターゲットデバイスファミリの指定
- 6) EDA Tool の指定

7) 設定の確認

これらの設定を行ったあと、カウンタの数字によって点灯する LED を変えるプログラムを保存した。そして、HDL で記述された回路は論理合成と配置配線を行うことで LSI に実装できるようになる。FPGA 設計用のツールでは、これらの処理はひとまとめにされ、コンパイルと呼ばれている。以下にコンパイルの処理手順について示す。

- 1) プリフィット
- 2) ピン配置
- 3) ポストフィット

上記によりコンパイルが行われる。次に、コンパイル後に出力されたコンフィグレーションデータを FPGA ボードに書き込む。この際に、Window のツールバー上「Tools」→「Programmer」を選択し、Programmer を開く。ここで書き込むデバイスの指定を行い、書き込みを行った。

以上の準備を以降の実験でも同様に行い、基本的な論理回路の動作確認をした。

3.3 LED の点灯と消灯

FPGA に搭載されている LED は FPGA の I/O ピンが “L” のときに LED が点灯し、“H” のときに消灯する。以下に Sample1 のソースコードをソースコード 1 に示す。

ソースコード 1: sample1

```
1      testtest
2      titless
```

FPGA のピン配置を以下の表 2 に示す。

表 2: LED 点灯回路のピン配置

port の名前	ピン名称
led_out	PIN_AK3

ここで、VHDL 記述の基本事項として、ライブラリ宣言部とパッケージ宣言部で始まり、エンティティ宣言で入出力ポートを定義し、アーキテクチャ宣言に動作を記述していく。コメントアウトは “--” で記述できる。以下に各事項についての詳細を示す。

- 1) ライブラリ宣言
- 2) パッケージ呼び出し
- 3) エンティティ宣言
- 4) アーキテクチャ宣言

3.4 LED でのバイナリ表示

3.3 項で行った一つの LED 表示を応用して、複数の LED を制御可能なプログラムを作成した。そして、4 つの LED を用いてバイナリ表示を表現した。以下に Sample2 のソースコードをソースコード 2 に示す。

ソースコード 2: sample2

```
1      aaa
```

FPGA のピン配置を以下の表 3 に示す。

表 3: 4 つの LED で 2 進数表現する回路のピン配置

port の名前	ピン名称
led_out[0]	PIN_AK3
led_out[1]	PIN_AJ4
led_out[2]	PIN_AJ5
led_out[3]	PIN_AK6

3.5 LED でのグレイ符号表示

3.6 LED のクロック同期動作

3.7 FPGA の論理演算

3.8 I/O 機器による LED 点消灯

3.9 2 進数ルーレット

3.10 4 色スロットマシン

4 実験結果

5 考察

5.1 分周回路

参考文献

- [1] 「各種計算ハードウェアの活用～VHDL によるデジタル回路の設計～」神戸高専電子工学科 pp.01-33
- [2] トーマススイッチ「Verilog と VHDL の違いとはわかりやすく解説」<https://toumaswitch.com/5q0shy1sod/>