

電子工学科 実験報告書

実験題目： VHDL によるデジタル回路の設計 (自由課題)
担当教員： 木場 隼介 先生
実験開始日： 令和 5 年 10 月 19 日
実験終了日： 令和 5 年 11 月 2 日
提出日： 令和 5 年 11 月 7 日
再提出日：

学年： 5 年
出席番号：
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

自由課題を通して VHDL の構文規則や処理方法について詳しく知るとともに、プレゼンテーションを行い、課題に対する説明および発表能力を養うことを目的とする。

2 自由課題

2.1 仕様

本実験の自由課題のコンセプトとして、2 人で対戦できるルーレットを FPGA で構成することを目標とした。仕様としては、FPGA デバッグボードに搭載されている 10 個の LED のうち、左右から 3 個ずつの LED を用いてルーレットを 2 組構成した。ルーレットのストップ・リセットには FPGA ボードに標準搭載されているタクトスイッチ 4 個を使用して 1 人あたりストップ・リセット用に 2 個スイッチを割り当てた。

対戦のルールとして、ルーレットが揃う (LED3 個が同色になる) と 1 点加点され、先に 2 点獲得したプレイヤーの勝利というようなルールを提案する。設計はこのルールをベースに設計を行ったが、ルール変更による拡張性にも視野に含めて設計した。対戦型ルーレットシステム稼働時の FPGA ボードを図 1 に示す。

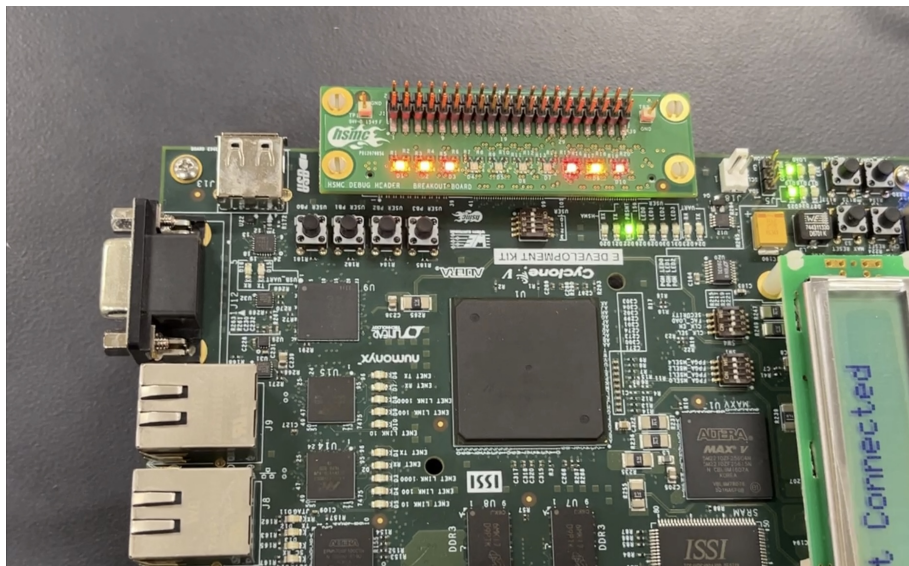


図 1: FPGA ボード上面図

2.2 参考にしたプログラム

自由課題の対戦型ルーレットシステムを構成する際に [1] の Sample08.vhd を参考に作成した。Sample08 ではデバッグボード上の LED を 3 個、FPGA ボード上のタクトスイッチを 2 個用いてルーレットを構成されていた。また、Sample08 ではルーレット機能のみを記述した roulette.vhd をポートとして呼び出し、マッピングを行ってルーレット機能を動作させていた。

2.3 使用器具

以下に、本課題で使用した器具を表 1 に示す。

表 1: 使用器具

| 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 TAF-Gaming | | |

3 プログラム解説

3.1 ピン割当

本課題でのデバッグボード上 LED のピン割当を表 2 に示す。

表 2: デバッグボード LED のピン割当

| ピン名称 | 入出力 | ピン番号 |
|-------------|-----|----------|
| led_out0[0] | 出力 | PIN_AF21 |
| led_out0[1] | 出力 | PIN_AJ20 |
| led_out0[2] | 出力 | PIN_AG22 |
| led_out0[3] | 出力 | PIN_AK20 |
| led_out1[0] | 出力 | PIN_AF20 |
| led_out1[1] | 出力 | PIN_AJ19 |
| led_out1[2] | 出力 | PIN_AG21 |
| led_out1[3] | 出力 | PIN_AK18 |
| led_out2[0] | 出力 | PIN_AF18 |
| led_out2[1] | 出力 | PIN_AJ17 |
| led_out2[2] | 出力 | PIN_AF19 |
| led_out2[3] | 出力 | PIN_AJ18 |
| led_out3[0] | 出力 | PIN_AG18 |
| led_out3[1] | 出力 | PIN_AG24 |
| led_out3[2] | 出力 | PIN_AG19 |
| led_out3[3] | 出力 | PIN_AH25 |
| led_out4[0] | 出力 | PIN_AK16 |
| led_out4[1] | 出力 | PIN_AH19 |
| led_out4[2] | 出力 | PIN_AK17 |
| led_out4[3] | 出力 | PIN_AH20 |
| led_out5[0] | 出力 | PIN_AF16 |
| led_out5[1] | 出力 | PIN_AG17 |
| led_out5[2] | 出力 | PIN_AG16 |
| led_out5[3] | 出力 | PIN_AH17 |
| led_out6[0] | 出力 | PIN_AE16 |
| led_out6[1] | 出力 | PIN_AJ15 |
| led_out6[2] | 出力 | PIN_AF15 |
| led_out6[3] | 出力 | PIN_AK15 |
| led_out7[0] | 出力 | PIN_AD17 |
| led_out7[1] | 出力 | PIN_AH14 |
| led_out7[2] | 出力 | PIN_AE17 |
| led_out7[3] | 出力 | PIN_AH15 |
| led_out8[0] | 出力 | PIN_AD18 |
| led_out8[1] | 出力 | PIN_AE15 |
| led_out8[2] | 出力 | PIN_AE18 |
| led_out8[3] | 出力 | PIN_AF14 |
| led_out9[0] | 出力 | PIN_Y15 |
| led_out9[1] | 出力 | PIN_AG23 |
| led_out9[2] | 出力 | PIN_AA15 |
| led_out9[3] | 出力 | PIN_AH22 |

本課題での FPGA ボード上スイッチのピン割当を表 3 に示す。

表 3: FPGA ボードのピン割当

| 部品名 | ピン名称 | 入出力 | ピン番号 |
|---------|------------|-----|----------|
| LED | led_check1 | 出力 | |
| LED | led_check2 | 出力 | |
| スイッチ | sw_in1 | 入力 | PIN_AB12 |
| | sw_in2 | 入力 | PIN_AG12 |
| | resetn1 | 入力 | PIN_AB13 |
| | resetn2 | 入力 | PIN_AF13 |
| クロック発振器 | clk | 入力 | PIN_P22 |

3.2 実装した機能

3.2.1 ルーレットの独立化

本課題で実装したシステムの独自性として、サンプルプログラムで構成されていたルーレットは 1 つのみであり、複数個を同時に動作させることは不可能であったが、本システムでそれを可能にした。単純に LED を増設しただけではストップ・リセットの動作が全て同期したままであり、揃える LED が増えただけの大きなルーレットが構成されてしまう。これを解消するために、[1] から参照したサンプルプログラムの Sample08.vhd と roulette.vhd を一部変更した。まず、Sample08 におけるポート設定の変更箇所をソースコード 1 に示す。

ソースコード 1: Sample08 のポート設定

```
1      entity sample08 is
2      generic (
3          div_bits : integer := 15);
4
5      port (
6          clk : in std_logic;
7          resetn1 : in std_logic;
8          resetn2 : in std_logic;
9          sw_in1 : in std_logic;
10         sw_in2 : in std_logic;
11         led_check1 : out std_logic := '1';
12         led_check2 : out std_logic := '1';
13         led_out0, led_out1, led_out2, led_out3, led_out4, led_out5 ,led_out6, led_out7, led_out8
14             , led_out9 : out std_logic_vector(3 downto 0));
15     end sample08;
```

ルーレット機能を複製するために resetn,sw_in を 2 つずつ用意し、led_out を 10 個用意した。ルーレットを実装した段階では led_out は 0～2,7～9 の 6 個分しか使用していないが今後のシステム拡張を想定し、デバッグボード上のすべての LED に割当を行った。

次に、roulette.vhd におけるルーレット機能のポート設定をソースコード 2 示す。

ソースコード 2: roulette.vhd::ルーレット機能のポート設定

```
1      entity roulette is
2
3      port (
4          clk : in std_logic;
5          resetn : in std_logic;
```

```

6      sw_in1 : in std_logic;
7      sw_in2 : in std_logic;
8      led_out : out std_logic_vector(3 downto 0));
9
10     end roulette;

```

サンプルプログラムでは、sw_in は 1 個しかなかったため、2 個用意し、どちらからの入力にもルーレットをストップさせる割当にした。

Sample08 でのルーレット機能のマッピングをソースコード 3 に示す。

ソースコード 3: Sample08.vhd::ルーレット機能のマッピング

```

1      component roulette
2
3      port (
4          clk : in std_logic;
5          resetn : in std_logic;
6          sw_in1 : in std_logic;
7          sw_in2 : in std_logic;
8          led_out : out std_logic_vector(3 downto 0));
9
10     end component;
11
12     signal clk_div, clk_roulette, sw_node1, sw_node2 : std_logic := '0';
13     signal div_counter : std_logic_vector(22 downto 0) := (others => '0');
14     signal sw0, sw1, sw2, sw3, sw4, sw5, sw6, sw7, sw8, sw9: std_logic;
15     signal sw_latch1, sw_latch_on1, sw_latch2, sw_latch_on2 : std_logic := '0';
16     begin
17
18     roulette_unit0 : roulette port map (
19         clk => clk_roulette,
20         resetn => resetn1,
21         sw_in1 => sw0,
22         sw_in2 => '0',
23         led_out => led_out0);
24
25     roulette_unit1 : roulette port map (
26         clk => clk_roulette,
27         resetn => resetn1,
28         sw_in1 => sw1,
29         sw_in2 => '0',
30         led_out => led_out1);
31
32     roulette_unit2 : roulette port map (
33         clk => clk_roulette,
34         resetn => resetn1,
35         sw_in1 => sw2,
36         sw_in2 => '0',
37         led_out => led_out2);
38
39     roulette_unit7 : roulette port map (
40         clk => clk_roulette,
41         resetn => resetn2,
42         sw_in1 => '0',
43         sw_in2 => sw7,

```

```

44         led_out => led_out7);
45
46     roulette_unit8 : roulette port map (
47         clk => clk_roulette,
48         resetn => resetn2,
49         sw_in1 => '0',
50         sw_in2 => sw8,
51         led_out => led_out8);
52
53     roulette_unit9 : roulette port map (
54         clk => clk_roulette,
55         resetn => resetn2,
56         sw_in1 => '0',
57         sw_in2 => sw9,
58         led_out => led_out9);

```

roulette_unit0～2ではsw_in1の入力に合わせてルーレットをストップさせるため、sw_in1の入力をsw0～2に代入した。また、sw_in2の入力に影響を受けないようにsw_in2の入力を0にした。反対に、roulette_unit7～9ではsw_in2の入力に合わせて代入を行い、sw_in1の入力を0にした。

ルーレットを止める機能のプログラムをソースコード4に示す。

ソースコード 4: sample08::ルーレットを止める機能

```

1      -- スイッチによるパルスを受け取ってルーレットを止めていく回路
2      process (clk, resetn1,resetn2)
3      begin -- process
4          if resetn1 = '0' then
5              sw0 <= '1';
6              sw1 <= '1';
7              sw2 <= '1';
8
9          elsif clk'event and clk = '1' then -- rising clock edge
10             if sw_latch1 = '1' then
11                 if (sw0 = '1' and sw1 = '1' and sw2 = '1') then
12                     sw0 <= '0';
13                 elsif (sw0 = '0' and sw1 = '1' and sw2 = '1') then
14                     sw1 <= '0';
15                 elsif (sw0 = '0' and sw1 = '0' and sw2 = '1') then
16                     sw2 <= '0';
17                 end if;
18             end if;
19         end if;
20
21         if resetn2 = '0' then
22             sw7 <= '1';
23             sw8 <= '1';
24             sw9 <= '1';
25         elsif clk'event and clk = '1' then -- rising clock edge
26             if sw_latch2 = '1' then
27                 if (sw7 = '1' and sw8 = '1' and sw9 = '1') then
28                     sw7 <= '0';
29                 elsif (sw7 = '0' and sw8 = '1' and sw9 = '1') then
30                     sw8 <= '0';
31                 elsif (sw7 = '0' and sw8 = '0' and sw9 = '1') then
32                     sw9 <= '0';

```

```
33         end if;
34     end if;
35     end if;
36 end process;
```

3.3 実装できなかった機能

3.3.1 得点表示機能

3.3.2 改善方法の検討

4 質疑回答

- 3 人対戦は可能か
現在構成しているシステムでは FPGA ボードに搭載されているスイッチの数が足りないため、不可能である。
- LED を 3 個しか使用していない理由
FPGA ボード上で 2 人のプレイヤーがスイッチを押そうとすると相手の手で遮られて 3 個以上は見えずらいためルーレットとしてある程度難しい 3 個で妥協している。
- プレイヤー表示を下の LED の色分けで実装できないか
FPGA ボード上の LED は単色 LED で緑色しか表示できないため、その方式では実装できない。デバックボード上では LED が 4 個余っているため、その LED を用いれば可能である。
- リセットボタンを用意するのではなくストップボタンの 4 回目でリセットにすればよいのではないか
対戦人数を増やすという観点ではいい提案だと感じた。今回の課題の設計思想では、2 人対戦をメインとしており、ユーザビリティの観点でルーレットが揃わなかった際にボタンを数回連打するのと 1 回別のボタンを押すのでは別のボタンを押したほうがすぐにルーレットをやり直すことができユーザビリティが高いと感じたため、ストップとリセットのスイッチを分けて実装した。

参考文献

- [1] 「実験実習指導書『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.28-36