

# FPGA によるピンポンシミュレータの製作

研究者：荒川 楓真 加納 直樹  
坪井 星風

## 1 はじめに

本研究における達成目標は2つあった。

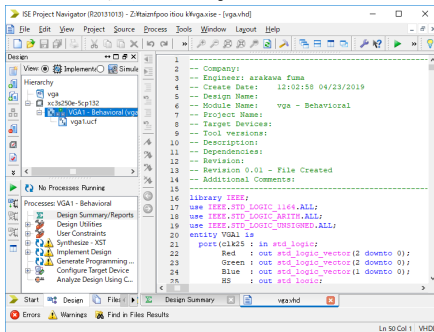
1つは文化祭までにピンポンシミュレータとして、基本的な動作をするものを製作し、来場者に楽しんでもらうことである。

もう1つは文化祭後にプログラムを発展させ、様々なゲーム的要素を追加したオリジナルのピンポンシミュレータを製作することである。

## 2 研究の内容

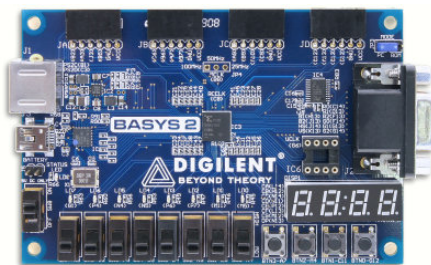
VHDL 言語を使用し、FPGA を用いたピンポンシミュレータと操作用のコントローラを製作した。

VHDL はハードウェア記述言語 (HDL) の一種で、主として論理回路、特に FPGA や ASIC などの設計で使われるものである。プログラムの開発には Xilinx の ISE を使用した。



開発環境 Xilinx ISE

FPGA は Field Programmable Gate Array の略で即座にその場で HDL を使ってプログラム可能な論理回路デバイスで、この FPGA が搭載された BASYS2 という基板を使用し研究を進めていった。



BASYS2 外観

この基板には FPGA Spartan-3E のほか動作テスト用のスイッチや LED、ディスプレイ接続用の VGA 端子などが載っている。

## 3 研究過程

4～6月：VHDL による画像表示演習

7～8月：ブロック崩しの製作

9～11月：ピンポンゲームの製作

ブロック崩しの発展

コントローラの製作

12～1月：プログラム修正、追加

## 4 研究の成果

### (1) VHDL による画像表示演習

最初に VHDL の使い方と画像表示回路の仕組みについて理解するために演習を行った。国旗表示や秒カウンタの製作、押しボタンスイッチのオンオフによる表示文字の切り替え等を行った。

これらの演習から、VHDL の基本文法と液晶ディスプレイに画像を表示させる方法について理解を深めていくことができた。

```
process (clk25)
begin
  if clk25'event and clk25='1' then
    if (h_counter<799) then
      h_counter<=h_counter+1;
    else
      h_counter<="0000000000";
      if (v_counter<520) then
        v_counter<=v_counter+1;
      else
        v_counter<="0000000000";
      end if;
    end if;
  end if;
end process;

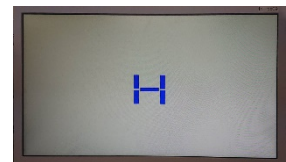
HS<="0" when h_counter>=640+16 and h_counter<640+16+95 else '1';
VS<="0" when v_counter>=480+10 and v_counter<480+10+1 else '1';
blank<="0" when h_counter>=640 or v_counter>=480 else '1';

rgb<="000" when v_counter<160 else "111" when v_counter<320
else "001";
```

画像表示制御の VHDL プログラム



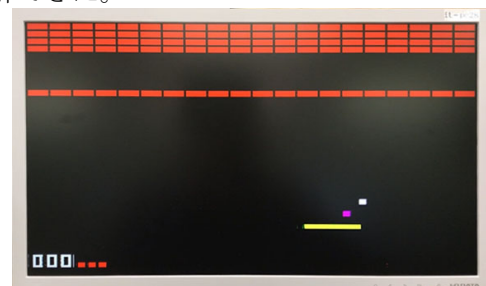
オランダ国旗の表示



文字 H の表示

### (2) ブロック崩しの製作

ピンポンシミュレータの元となるブロック崩しの製作をした。パドルを左右に動かしてピンポン玉を跳ね返し表示されているブロックを消していくものである。これにより一通りブロック崩しの各動作の仕組みとプログラムの構造について理解できた。



プレイ画面

### (3) ピンポンゲームについて

ブロック崩しで得た知識を使い1対1で遊ぶことができるピンポンゲームを製作した。



ピンポンゲーム  
スタート画面

ピンポンゲーム  
プレイ画面

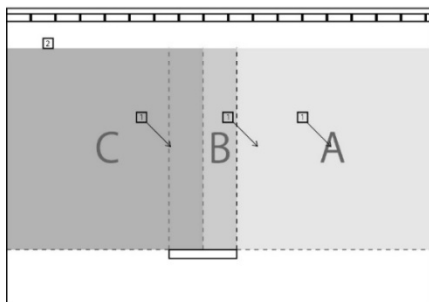
パドルの形を縦長に変更し、当たり判定や移動の制限を設けた。また、ピンポン玉が各画面端に当たると表示が消え、点数がカウントされる仕組みとなっている。ゲームの残り時間を示すタイマーと得点のカウントとの組み合わせから勝敗が決まるようにした。

### (4) ブロック崩しの発展

ブロック崩しの発展として、様々な機能を追加した。2つのピンポン玉に対するパドルの自動操作機能では、パドルとピンポン玉の位置関係を12通りのパターンに分け、それぞれに決められた動きを与えた。

たとえば、ピンポン玉1の座標がピンポン玉2より低かつパドルより高い場合には

- ・パターンA：パドルの座標に6足し続ける
  - ・パターンB：パドルの座標に1足し続ける
  - ・パターンC：パドルの座標に6引き続ける
- といった動作をプログラムした。



```
if v_dir='1' and v_pos>v_pos2 then
  if h_dir='1' then
    if pad_h_pos+pad_h_size<=h_pos+10 and
      pad_h_pos+pad_h_size<640 then
      pad_h_pos<=pad_h_pos+6;
    elsif pad_h_pos+pad_h_size>h_pos+10 and
      pad_h_pos+pad_c_size<h_pos and
      pad_h_pos+pad_h_size<640 then
      pad_h_pos<=pad_h_pos+1;
    elsif pad_h_pos+pad_c_size>h_pos+10 and pad_h_pos>6
      then pad_h_pos<=pad_h_pos-6;
    end if;
  end if;
end if;
end if;
```

VHDLの自動操作制御部分

### (5) コントローラの製作、機能

基板上的の押しボタンスイッチは小さいので文化祭での実演に向けて専用のコントローラを製作した。MDF材のケースに穴あけを行い、そこにジョイスティックや押しボタンスイッチを取り付け、コントローラの裏側で配線を行いBASYS 2に接続した。

パドルはジョイスティックを上倒すと前進、下倒すと後退、右倒すと右に前進、左倒すと左に前進する。4つの押しボタンはゲームの開始などそれぞれ別の機能を持たせた。



コントローラ



裏側の配線

## 5 まとめ

### (1) 成果

普段は触れることのないVHDLやFPGAに触れることでハードウェア・ソフトウェアの分野らについて多くのことを学び、また深めることができた。

### (2) 課題

ピンポンゲームでは、文化祭展示の段階では動作エラーが多く修正するのに時間がかかった。追加機能としてタイマーや点数のカウントのプログラムを製作したが、点数が入るごとにタイマーをリセットすることがどうしてもできなかった。パドルの自動操作中にパドルとピンポン玉の跳ね返る角度が逆になってしまうバグやパドルの移動中はピンポン玉が跳ね返らないなどの不具合が残っている。

また、当初はコントローラにプログラム自体の「ON/OFF」機能を持たせたスイッチを用意していたが、ケースのパネルが厚くて取り付けるができなかった。

## 6 チームの感想

### 【 荒川 楓真 】

FPGA、VHDLを初めて使い、全く知らないことで最初は戸惑ったが、演習や研究を行っていくうちに、だんだんわかるようになった。

### 【 加納 直樹 】

初めは、課題研究の期間が1年間と聞いて長いと思ったが、実際に課題研究が始まるとやることが多く、この1年間はとても短く感じた。

### 【 坪井 星風 】

VHDL言語を初めて使用してプログラミングを行った。最初はわからなかったが扱っていくうちに慣れていくことができた。