

南京航空航天大学

电工电子综合实训

题 目 基于 Basys3 的贪吃蛇游戏

学生姓名 秦博宇 路明宽 汤晓虎

学 号 041600618 041600620 041600619

学 院 南京航空航天大学

专 业 信息工程

二〇一九年四月

基于 Basys3 的贪吃蛇游戏

摘要

批注 [F1]: 小三号黑体，居中，摘要与题目前空一行。

Basys3 是一款入门级 FPGA 开发板，采用 Xilinx Artix-7 FPGA 架构，非常适合刚刚开始使用 FPGA 技术的学生或初学者。本设计实现了一个基于 Basys3 平台的贪吃蛇游戏。利用 Basys3 上的 VGA 接口连接显示器作为游戏界面，利用 Basys3 板卡上的按键进行控制，实现了贪吃蛇游戏的基本功能，同时添加了“奖励机制”，随机掉落一些奖励如加分、减缓速度等，丰富了游戏体验。

批注 [F2]: 300 字左右，小四宋体，首行缩进 2 个字符，摘要正文 1.5 倍行距

批注 [F3]: 关键词为小三黑体，居行首。

关键词：FPGA 游戏 Basys3

A Snake Game Based on Basys 3 FPGA

Abstract

批注 [x4]: 小三新罗马字体，居中，与题目空一行

The Basys3 is an entry-level FPGA development board that uses the Xilinx Artix-7 FPGA architecture and is ideal for students or beginners who are just starting out with FPGA technology. This design implements a Snake game based on the Basys3 platform. Use the VGA interface on Basys3 to connect the display as a game interface, use the buttons on the Basys3 board to control, realize the basic functions of the Snake game, and add a “reward mechanism” to randomly drop some rewards such as extra points and slow down. Speed, etc., enrich the gaming experience.

批注 [x5]: 小三新罗马字体，居行首。

Key Words: FPGA Games, Basys 3

目 录

摘要	1
第一节 引 言	3
第二节 系统设计	3
2.3.1 游戏控制部分	5
2.3.2 “奖励道具”控制部分	5
2.3.3 时钟和驱动部分	6
第三节 游戏介绍	7

第一节 引言

批注 [x6]: 一级标题小三黑体，居中，段前空一行。

贪吃蛇是一个产生于 1970 年代中后期的计算机游戏。此类游戏在 1990 年代由于一些小屏幕设备引入而再度流行起来，由香港 Thomas 发明。在游戏中，玩家操控一条细长的直线（俗称蛇或虫），它会不停前进，玩家只能操控蛇的头部朝向（上下左右），一路拾起触碰到之物（或称作“苹果”），并要避免触碰到自身或者其他障碍物。每次贪吃蛇吃掉一个苹果，它的身体便增长一些。吃掉一些食物后会使蛇的移动速度逐渐加快，让游戏的难度渐渐变大。游戏设计的四面都有墙且都不可穿越，蛇触碰到墙壁或自身身体则游戏结束。

Basys 3 是一款入门级 FPGA 开发板，专为 Vivado Design Suite 设计，采用 Xilinx Artix-7 FPGA 架构，非常适合刚刚开始使用 FPGA 技术的学生或初学者。Basys3 开发板包含一块含有 35k 个逻辑单元（Logic Cells）的 Xilinx Artix-7 系列 FPGA、16 个拨位开关、5 个按钮开关、16 个 LED 和 4 个七段数码管。开发板上时钟频率为 100MHz。同时，它还提供了外部电路的接口，包含一个 VGA 接口和一个 USB 接口。

第二节 系统设计

2.1 硬件部分

硬件部分主要由一块 Basys3 开发板和一台 VGA 显示器组成。

本设计使用了 Basys3 开发板的四个按键控制“蛇”运动方向，使用数码管显示当前的得分，游戏的主体界面则由 VGA 显示器来显示。



图 1 系统整体外观

2.2 软件模块设计

本设计的软件部分以 Verilog HDL 硬件描述语言完成，其整体结构如图所示：

```

top_greedy_snake (top_greedy_snake.v) (8)
├── u_clock : clock (clock.v)
├── u_game_status_control : game_status_control (game_status_control.v)
├── u_apple_generator : apple_generator (apple_generator.v)
├── u_snake_moving : snake_moving (snake_moving.v)
├── u_vga_control : vga_control (vga_control.v) (2)
│   ├── myclk : clk_unit (clk_unit.v)
│   └── VGA : vga_display (vga_display.v) (1)
├── u_buttons : buttons (buttons.v)
├── u_seg_display : seg_display (seg_display.v)
├── u_reward_logic : reward_logic (reward_logic.v) (3)
│   ├── u_reward_random_generator : reward_random_generator (reward_random_generator.v)
│   ├── u_reward_display : reward_display (reward_display.v)
│   └── u_reward_information : reward_information (reward_information.v) (3)
│       ├── info_pic_protected : pic_protected (pic_protected.xci)
│       ├── info_pic_slowly : pic_slowly (pic_slowly.xci)
│       └── info_pic_grade : pic_grade (pic_grade.xci)

```

图 2 软件模块结构

2.2.1 游戏控制部分

游戏控制部分主要由 `snake_moving`、`game_status_control`、`apple_generator` 三个模块实现。

`snake_moving` 模块负责控制蛇的运动状态，主要完成以下四个功能：

1. 通过输入的四个按键信号实现对蛇的上下左右的移动：本长度位移动的下个坐标为下一个长度位当前坐标。
2. 检测是否撞到墙或自己身体：蛇头的 `x`、`y` 坐标与墙壁或任意身体长度出的坐标相等则发生了碰撞。
3. 对身体长度信息的存储：蛇的最小长度为 3，最大长度为 16，身体长度存储在一组寄存器中，每个寄存器存储这一长度的蛇的身体坐标，并存储这一体长是否存在。

`game_status_control` 模块负责判断和控制当前的游戏状态，分别输出 `START`、`PLAY`、`DIE` 和 `RESTART` 四种状态提供给其他模块。此模块通过按键信息判断是否进入游戏，通过输入“撞到墙”和“撞到身子”信号的有无判断是否结束游戏并重新开始。

`apple_generator` 模块负责苹果的生成：

1. 通过判断苹果的坐标与输入的蛇头的坐标是否重合来检测是否“吃到”苹果
2. 在吃到苹果后随机生成新的苹果，随机数采用计数器和加法来实现，分别以数字的高 5 位和低 4 位作为新生成的苹果的坐标。

2.2.2 “奖励道具”控制部分

奖励道具控制部分主要由 `reward_random_generator`、`reward_logic`、`reward_display`、`reward_information` 四部分实现。

`reward_logic` 是这一部分的顶层模块，负责通过蛇头的坐标和生成的奖励道具的坐标判断是

否吃到道具，并在吃到后输出相应的信号并以定时器的方式维持不同的时间。

`reward_random_generator` 模块负责利用随机数算法随机生成奖励的出现时间、类型和坐标，伪随机数的生成算法是基于线性反馈移位寄存器（LFSR）生成。

`reward_display` 模块负责显示奖励，通过输入点的 VGA 像素坐标和生成的位置坐标对比，在一定区域内显示闪动的黄色方块来完成。

`reward_information` 模块负责在蛇吃到道具之后显示这一奖励道具的类型和作用的剩余时间，并将奖励类型以 24*24 像素的黑白图片显示：使用 Block Memory Generator IP 核，通过先将图片扫描转化为 coe 文件，读入 IP 核中并例化即可显示图片。

2.2.3 时钟和驱动部分

其余的模块主要是时钟和 VGA、按键等板上资源的驱动。

`clock` 模块是负责系统时钟，并以计数器的方式利用板上 100MHz 的时钟信号产生另一路 4Hz 的低频时钟信号，`clock_unit` 模块则通过分频和调用 PLL 实现 VGA 所需的 25MHz 时钟。

`seg_display` 模块是数码管的驱动模块，`vga_display` 是 VGA 显示器的驱动模块，`buttons` 是 Basys3 板上按键的扫描驱动模块。

第三节 游戏介绍

游戏开始前，显示贪吃蛇游戏的 logo：

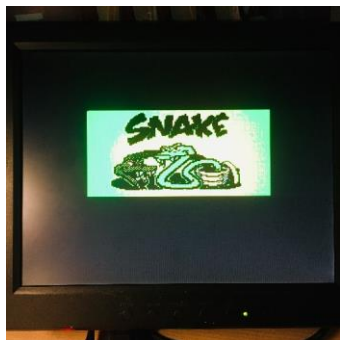


图 3 游戏开始界面

按下任意按键即可开始游戏，由 Basys3 开发板上的四个按键控制蛇的运动，红色的方块代表苹果，当蛇吃到苹果后身体长度加一，同时蛇的移动速度会加快，以增加游戏难度。游戏过程中会随机出现闪动的黄色方块，代表奖励道具。

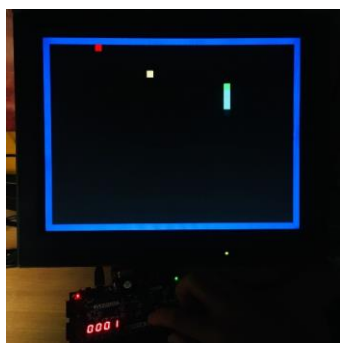


图 4 游戏界面

吃下奖励道具后，界面的右上角会提示道具的类型和剩余的作用时间，当右侧的进度条走完道具的作用效果消失。



图 5 奖励道具信息

吃下“无敌”道具后出现盾牌标志，在作用时间内蛇碰到墙壁或自己的身体后不会结束游戏。

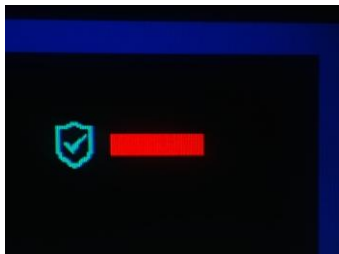


图 6 “无敌”道具

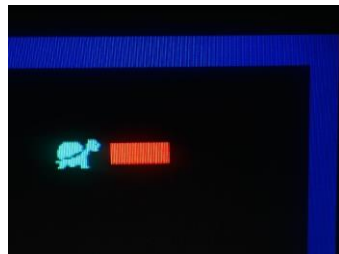


图 7 减速道具

吃下“减速”道具后蛇的移动速度会变慢一段时间，游戏难度降低。

吃下“加分”道具后可以额外增加一分。

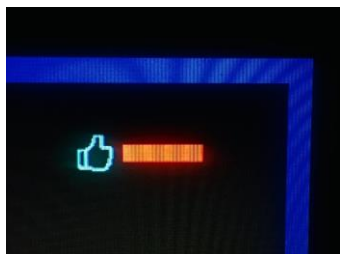


图 8 “加分”道具