

实验六 数字逻辑综合实验—快递柜设计

一、实验目的

掌握结构化设计方法。培养和锻炼对具有一定复杂度和规模的问题的分析与求解能力。

二、设计方法

采用 FPGA 设计一个数字系统，我们通常利用结构化、层次化的设计方法。将一个比较复杂的数字电路划分为多个组成模块，再分别对每个模块建模，然后将这些模块组成一个总模块，完成所需的功能。分层次的电路设计通常有自顶向下和自底向上两种设计方法。结构化设计的基本单位是模块，每个模块的组成可以遵循以下规则：

- 1、在设计中至少会被使用两次的逻辑，而且这个逻辑采用实例化模块的方式代码的易读性由于直接写逻辑，封装成模块，如译码器、多路选择器等。
- 2、功能规格十分明确，且与外界的交互信号数目不是很多的，封装成模块，如消抖模块等。
- 3、现有的一个模块达到了数千行代码的规模，将其拆分成若干和小模块。
- 4、一个文件中只包含一个模块，便于后期代码维护。

三、实验题目

网购时代，我们都会经常与“快递柜”打交道。快递投放时，快递员使用“快递柜”按“存键”随机打开一个箱子并存入快递，同时获得一个密码，存入者将密码告诉给快递的收件人，收件人仅凭密码就能从快递柜中取出自己的快递。收件人输入正确的密码，对应的快递柜打开，而输入错误的密码，不会有快递柜打开，且会提示密码错误。在数字逻辑实验课的最后，我们将设计并实现一个具有基础功能的“快递柜”。



图 1 快递柜实物图

四、实验内容

实现如下功能的快递柜控制系统，假设控制的快递箱共有 16 个：

1、基础功能（基础题）：

- A. 欢迎界面：使用数码管后两位显示空箱数。使用 16 位 LED 灯显示 16 个箱子是否有物品存入（亮表示空箱），LED 灯从左到右对应 1~16 号柜。

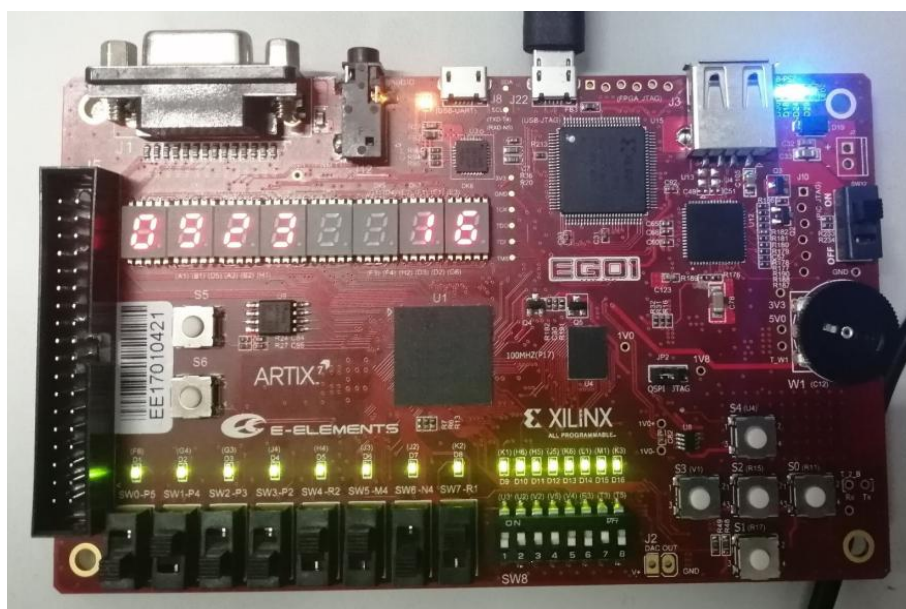


图 2 欢迎界面（左 4 位不需要实现，也可实现为静态的班级学号）

- B. 存包界面：按下“存包”按键，**随机**分配一个快递柜，在数码管前两位上显示分配的存储箱号，对应箱号的 LED 亮起。以及一**随机生成**的 4 位 16 进制密码，按下“确

认”键表示快递柜已经放入物品并关闭，此时快递柜回到欢迎界面，并且存入物品的箱子的状态应更新。如果快递柜满，则无法从欢迎界面按“存包”键进入存包界面。下图中，存包结果为 9 号箱，第九个 LED 亮起，密码为 0x8712。返回欢迎界面后，第九个 LED 不亮。（要求：若使用**计数器**生成随机箱号，计数器的计数范围为**学号-ff**，本例中学号为 23，计数器计数范围是 8'd23-8'hff）

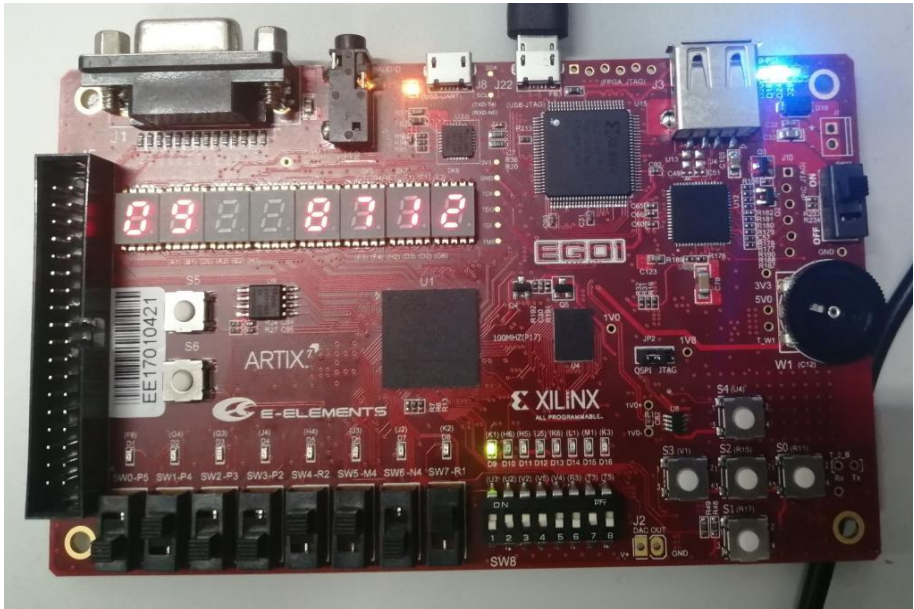


图 3 存包界面

提示：存储密码采用寄存器组，寄存器组定义：`reg [15:0] store_slice [0:15];`

- C. 取包界面：按下“取包”按键，再通过 16 位拨码开关逐位输入 4 位 16 进制密码，按“输入”键后密码显示在数码管后四位上。四位密码输入后**至少等待 1s**，再判定取物成功或取物失败。如果取物成功，则对应箱号的 LED 灯闪烁，表示箱子打开成功，并更新快递柜状态（同时清除密码存储），否则显示 88888888，LED 灯不亮，表示打开失败。无论取包成功还是取包失败，都能通过“确认”键返回欢迎界面。

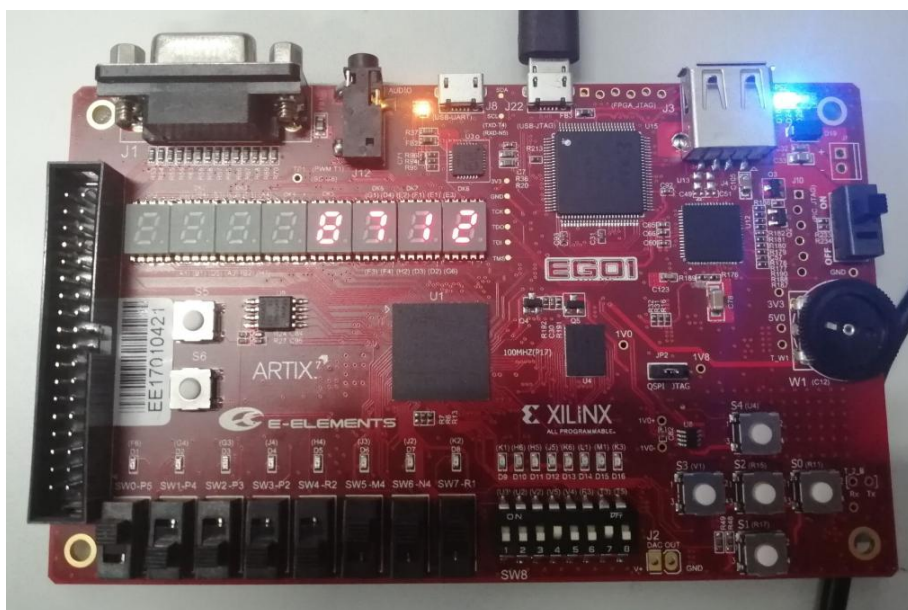


图 4 密码输入示意图（使用了全部拨码开关）

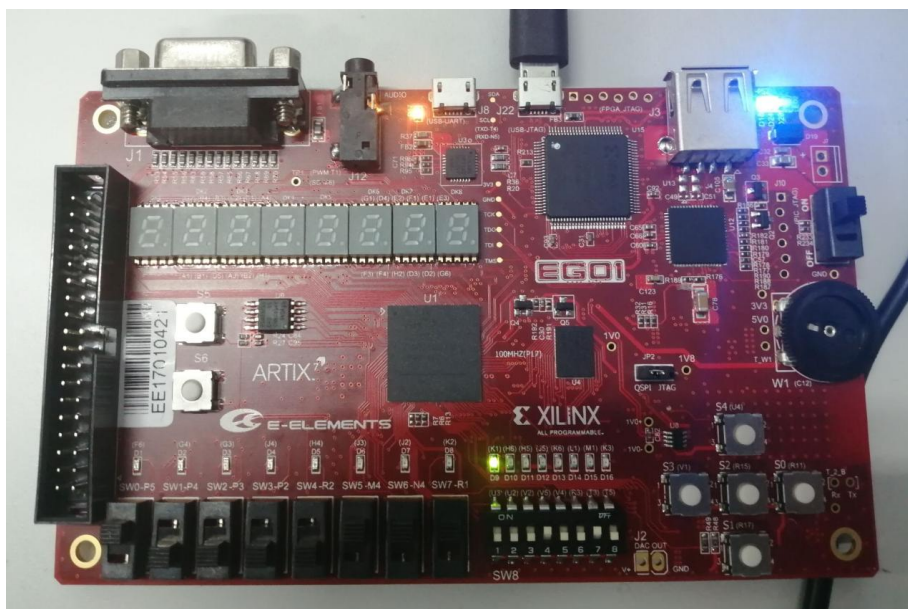


图 5 取物成功的状态（LED 闪烁）

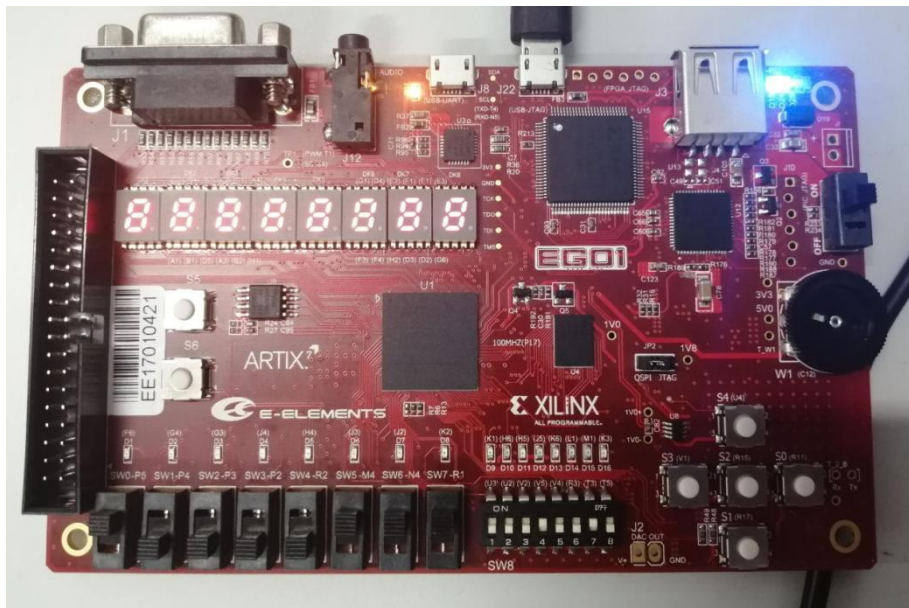


图 6 取物失败的状态

2、扩展功能（附加题）：

在正确实现基础功能的基础上，添加清箱功能并修改取包界面的密码输入方式

- D. 清箱功能：按下“复位”按键，整个系统还原到欢迎界面，并且将全部箱的状态设置为空，密码全部清除。
- E. 取包界面：按下“取包”按键，通过 4 位拨码开关表示要输入的 1 位 16 进制数，点击“输入”键输入该 16 进制数，并显示在数码管最低位上，再输入第二位数后，需要再次点击“输入”键，此时数码管后两位显示密码。直到四位密码输入完毕，等待至少 1s，判定打开成功或失败，成功界面和失败界面不作修改。

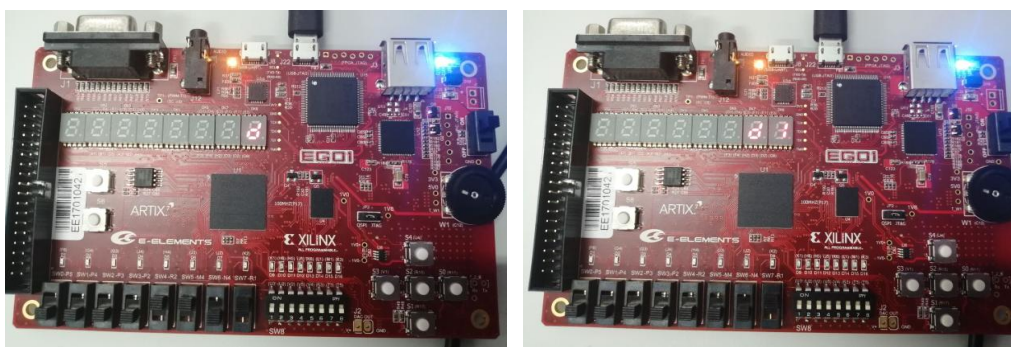


图 7 逐位输入数字的状态展示

具体实验功能可以参考功能演示视频和比特流文件。

示例的比特流文件中：

存包按键：S4；取包按键：S1；确认按键：S0；输入按键：S3；复位按键：S2；附加实验使用 SW4-SW7 输入 16 进制数。

F. 增加任何你认为有意义的功能。

五、实验现象检查

1. 仿真检查

需要自行编写仿真文件，实现满箱情况下存包动作失效的仿真。连续按下 16 次存包和确认键后，整个箱子应该存满，再次按下存包键时，状态应该不跳转。

请用仿真波形图展示：

- (1) 展示主模块状态机的当前状态和次态两个变量
- (2) 展示输入主模块的“存包”信号和“确认”信号
- (3) 展示八段数码管的显示内容（每一位是十六进制数字，而非控制数码管的信号）
- (4) 展示 LED 灯状态

该仿真图需要在课上功能检查时展示给老师或助教，并放入实验报告中。

2. 基础功能检查

存包功能检查：

将按功能描述存入两个包，

- (1) 检查存包是否使用的是随机空箱
 - (2) 检查存入包后返回欢迎界面数码管和 LED 的状态更新
- 记录第一个包的密码以备后用。

取包成功功能检查：

取出第一个包，检查：

- (1) 输入密码功能是否正确，输入后是否有延迟，延迟后是否能跳转。
- (2) 正确取包界面是否有对应箱号的 LED 闪烁。
- (3) 取包后，在欢迎界面状态是否更新。

取包失败功能检查：

随机输入一个密码，模拟使用错误密码取第二个包的動作，检查：

- (1) 是否成功跳转到错误取包状态
- (2) 错误取包界面是否满足要求

3. 扩展功能检查

清箱功能：

存入一个包,记住密码后进行清箱,检查箱状态是否更新,使用记住的密码取物,
检查检查清箱后密码是否清除。

取包功能检查:

再存入一个包,记住密码后使用该密码取包,检查逐位输入功能的正确性。