

题目：模拟付费微波炉

姓名：刘泓尊 学号：2018011446 日期：2020 年 6 月 2 日 班级：计 84

你是否同意授权将本工程代码完全开源。（ A ）

A：同意

B：不同意

1. 实验目的

- (a) 进一步学习元件例化的方法和模块化的设计思路。
- (b) 进一步掌握时序逻辑电路的基本分析和设计方法。
- (c) 理解同步时序逻辑电路和异步时序电路的区别。
- (d) 掌握减法计数器的设计原理，用硬件描述语言实现指定功能的减法计数器。
- (e) 进一步学习使用状态机来控制电路工作，在不同状态下完成相应的功能。
- (f) 学会利用软件仿真实现对数字电路的逻辑功能进行验证和分析。

2. 实验任务

设计了一个单次**付费加热微波炉**，带有“充值”、“定时”、“工作”三种模式，充值金额和加热时间**不累计**，**费用 1 元/s**。具体功能为：

（1）**“充值”模式**：用户调到固定档位，输入 2 位 10 进制数(每个数 4 位二进制编码)，先后分别表示十位、个位，代表充值金额。每输入一位都要按下“确认”键。使用 2 个 7 段数码管显示输入数据。（状态机）

（2）**“定时”模式**：用户调到固定档位，输入 2 位 10 进制数(每个数 4 位二进制编码)，先后分别表示十位、个位，代表加热时间。每输入一位都要按下“确认”键。使用 2 个 7 段数码管显示输入数据。（状态机）

（3）**“工作”模式**：工作模式下，按住“确认”键将开始从预先设定的时间开始倒计时，直至 0 停止。（减法计数器）

（4）**余额不足的判断**：当设定时间<充值金额时，提示灯亮起，同时将**设定的时**

间减少为充值金额（即实际时间 = $\min(\text{充值金额}, \text{设定时间})$ ）。按下 rst 键后取消提示灯。“工作”模式的倒计时从“实际时间”开始。

（5）每次切换模式后都需要按下 rst 键。

3. 实验原理

单次付费加热微波炉由“定时”功能(mode="01")、“充值”功能(mode="10")、“工作”功能(mode="11")组成，内部保存“金额”，“设定时间”，“剩余时间”，“提示状态”等变量。使用顺序如下：

（1）上电后，按下 rst 键进入初始状态，用于将“金额”、“设定的时间”、“剩余时间”、“提示状态”置零。

（2）切换进入“充值”模式(mode="10")，按下 rst 键后系统将“金额”置零，之后可以输入新的充值金额。顺序依次为：输入十位数(使用 4 位 2 进制编码)->按“确认”键->输入个位数(使用 4 位 2 进制编码)->按“确认”键。此时两个数码管会相应地显示充入的金额。

（3）切换进入“定时”模式(mode="01")，按下 rst 键后系统将“设定时间”置零，之后可以输入新设定的时间。顺序依次为：输入十位数(使用 4 位 2 进制编码)->按“确认”键->输入个位数(使用 4 位 2 进制编码)->按“确认”键。此时两个数码管会相应地显示设定的时间。

（4）若设定的时间大于此前设置的金额，提示灯会亮起，且将“实际加热时间”设定为 $\min(\text{设定时间}, \text{充值金额})$ 。按下 rst 键后将提示灯熄灭。

（5）切换进入“工作”模式(mode="11")，按下 rst 键后将显示“实际时间”(不是“设定时间”)，此后按住“确认”键将开始倒计时，每秒“实际时间”减一，松开后将暂停(以此实现“暂停”功能)。

（6）返回（2）可重复。

结构图：

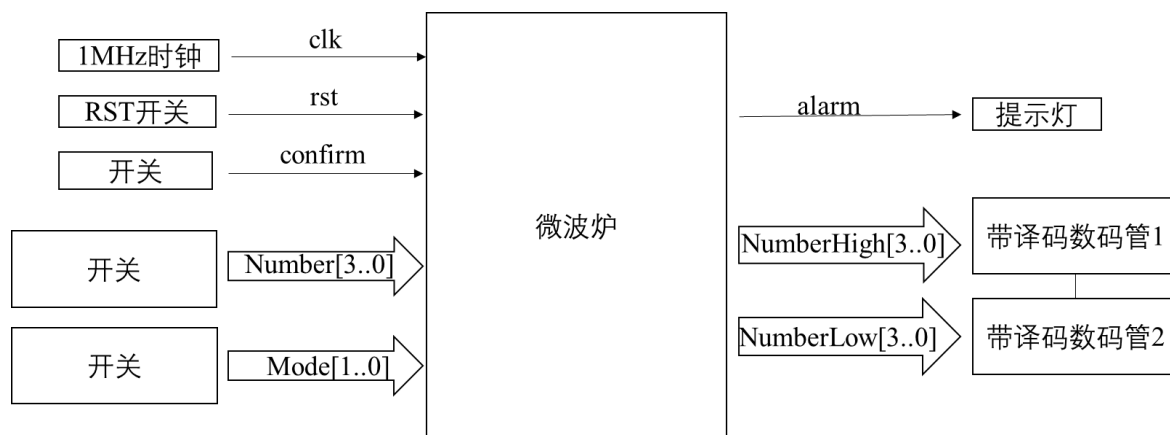


图 1 结构图

4. 实现方法

实验平台资源使用：

输入：

mode: 使用 2bit 表示模式：“定时”功能(mode="01")、“充值”功能(mode="10")、“工作”功能(mode="11")

number: 4bit 用于输入一位数字：设置金额或时间时，每一位数用 4bit 表示。

clk: 1bit 连接 1MHz 时钟

rst: 1bit 用于异步清零。

confirm: 1bit 代表确认键，用于状态的切换。

输出：

两个带译码的七段数码管: 8bit, 用于显示时间或金额：在“充值”模式下显示金额，在“设定”模式下显示“设定时间”，在“工作”模式下显示“剩余时间”。

alarm: 1bit, 用于亮起或熄灭提示灯。

共 18 个 IO。

4. 设计过程

“设定”及“充值”模块：

这两个模块的设计思路相同，都使用**状态机**来控制先后输入的两位数，每个模块都需要 3 个状态。

以“设定”模块为例，mode=”10”。

S₀: 初始状态，按下 rst 键后进入 S₁。

S₁: 设置十位数字，按下 confirm 后进入 S₂。

S₂: 设置个位数字，按下 confirm 后回到 S₀。

重新输入数字时，按下 rst，无论什么状态都回到 S₁。

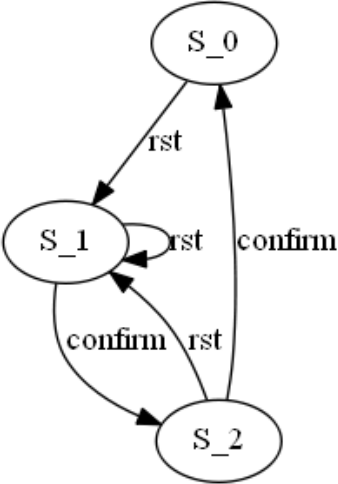


图 2 “设定”/“充值”模式的状态机

“工作”模块：

工作模块使用减法计数器实现，模块化为一个分频器，在 1MHz 时钟下每秒输出脉冲。

5. 实验结果

1) 管脚分配

信号	CPLD 管脚	说明
clk	pin12	时钟输入，对应 1M 时钟
rst	pin44	复位输入，对应开关 RST
Confirm	pin1	确认输入，对应开关 K ₆
Number[3]	pin4	输入，对应开关 K ₀ -K ₃ , 同时连接到 发光二极管 L ₀ -L ₃
Number[2]	pin5	
Number[1]	pin6	
Number[0]	pin7	

Mode[1]	pin2	输入，对应开关 K ₅ -K ₆
Mode[0]	pin3	
NumberHigh[3]	pin18	十位，对应带译码管的七段数码管， 高位到低位对应于 D,C,B,A
NumberHigh[2]	pin19	
NumberHigh[1]	pin20	
NumberHigh[0]	pin21	
NumberLow[3]	pin14	
NumberLow[2]	pin15	个位，对应带译码管的七段数码管， 高位到低位对应于 D,C,B,A
NumberLow[1]	pin16	
NumberLow[0]	pin17	
alarm	pin8	

2) 测试样例的功能仿真截图

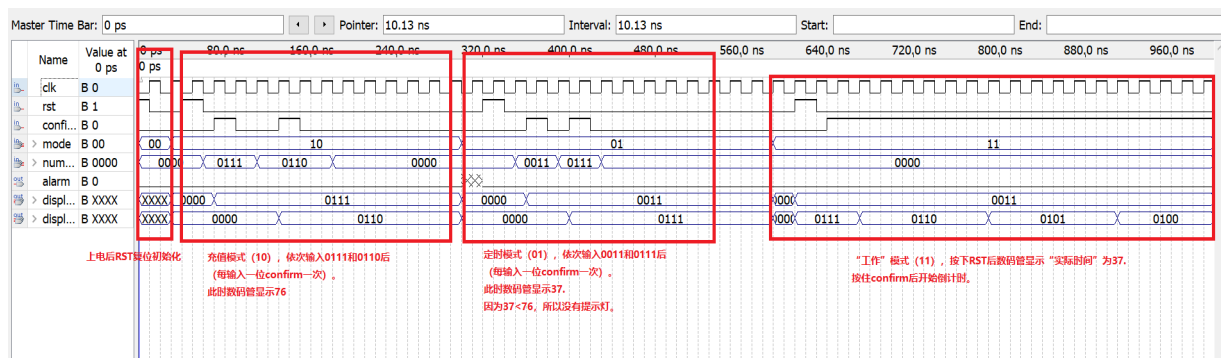


图 3 功能仿真——设定时间(37)<充值金额(76)

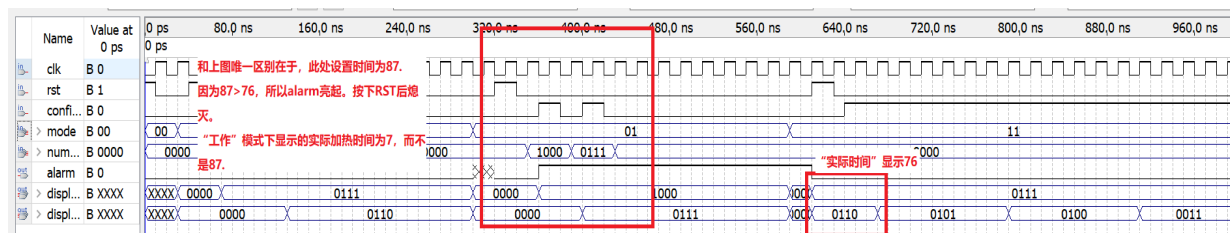


图 4 功能仿真——设定时间(87)>充值金额(76)

图中 clk, rst, confirm, mode, number 为输入；

alarm, display_low(下), display_high(上)为输出；

注意：仿真的时间尺度有限，故将分频器的频率设置为 1/5。实际使用中为 1/500000。如果需要仿真，需要将 divider.vhd 中的 FREQUENCY 改为较小的值

(如 5).

3) 实验操作

简单的输入输出的测试样例:

“充值”:

上电后调至 Mode="10" (左 1 右 0), 按下 RST 键, 进入充值模式。之后设置下侧 4bit 的数字为 7 (0111), 按下 confirm 键后, 左侧数码管将显示 7; 之后设置下侧 4bit 的数字为 6 (0110), 按下 confirm 键后, 右侧数码管将显示 6。此时完成了“充值”操作。

“定时”:

之后调至 mode="01" (左 0 右 1), 按下 RST 键, 进入“定时”模式。之后设置下侧 4bit 的数字为 3 (0011), 按下 confirm 键后, 左侧数码管将显示 3; 之后设置下侧 4bit 的数字为 7 (0111), 按下 confirm 键后, 右侧数码管将显示 7。此时完成了“定时”操作。

“工作”:

之后调至 mode="11", 按下 RST 键, 进入“工作”模式。此时数码管应显示 37 (即 $\min(76, 37) = 37$), 按住 confirm 键后将开始倒计时, 松开 confirm 键将暂停工作。倒计时直到数码管显示 00 停止。

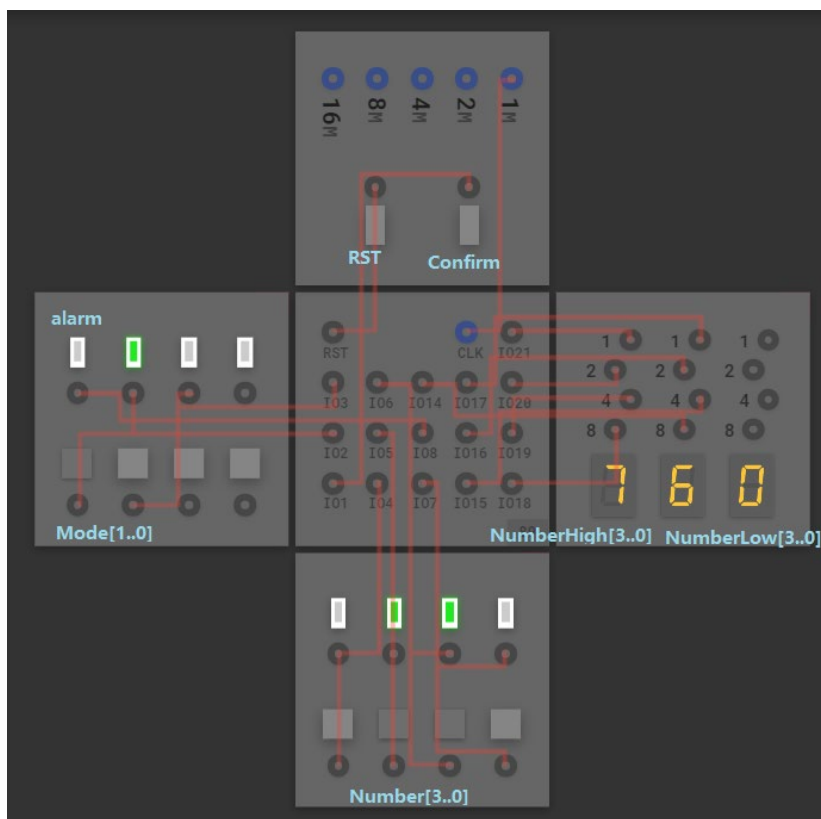


图 5 接线与操作示意

实验总结

本次实验我综合运用了计数器、状态机等知识，设计了一个模拟的计费微波炉。通过本次设计，我进一步熟悉了时序逻辑电路的分析和设计方法，全流程地进行了编写代码、仿真、引脚绑定、平台仿真的流程，对 CPLD 的理解更深刻了。

在调试过程中，我也总结了一些规律。比如信号应尽量避免回环，信号之间的传递关系应该构成一个有向图，不然很可能会出现 latch。这一经验是我经过长时间的调试得出的，可以说教训很深刻。

感谢老师和助教一学期以来的耐心答疑和悉心指导！也感谢 JieLabs 能在特殊时期像及时雨一般出现！