



北京航空航天大学
B E I H A N G U N I V E R S I T Y

实验三、时序逻辑设计——三色灯开关

2023 年 11 月 30 日

学号：20231023

姓名：龙熙

网络空间安全学院

目录

实验二、时序逻辑设计——三色灯开关（实验指导书部分）	2
1 实验指导	2
1.1 设计需求	2
1.2 基本实验要求	2
1.3 扩展要求	3
1.4 其它提示	3
实验二、时序逻辑设计——三色灯开关（实验报告部分）	4
2 实验报告	4
2.1 需求分析	4
2.2 系统设计	4
2.2.1 总体设计思路	4
2.2.2 接口设计	5
2.2.3 模块设计	5
2.3 功能仿真测试	7
2.3.1 测试程序设计	7
2.3.2 功能仿真过程	8
2.4 设计实现	8
2.4.1 综合和下载过程	8
2.5 小结	9
参考文献	9



实验二、时序逻辑设计——三色灯开关（实验指导书部分）

1 实验指导

设计一种通过操作开关的时间控制灯光颜色的开关，采用硬件描述语言描述同步时序逻辑电路的方法，体会状态转换和计数器定时，对状态机及顶层可综合模块进行功能仿真，并利用实验板调试并实现，完成较为完整的时序逻辑设计实现过程。

1.1 设计需求

某灯具含有两组 LED 白光灯芯和两组 LED 黄光灯芯，由一个开关 (K_1) 控制。设有电气转换装置将强电开关信号转换为数字逻辑电平输入信号 X ——当开关断开， $X = 0$ ，闭合， $X = 1$ ；且将 4 个数字逻辑电平输出信号 W_1 、 W_0 、 Y_1 和 Y_0 分别转换为灯芯控制信号—— $W_i = 1$ ，为白光点亮， $W_i = 0$ 为白光熄灭， $Y_i = 1$ 为黄光点亮， $Y_i = 0$ 为黄光熄灭，其中 $i = 0, 1$ 。

说明：如果白光和黄光同时点亮，则为日光色调，则如果在同等亮度条件下，该灯具具有白光、日光和黄光三种灯色。（考虑灯光的亮度，4 个灯芯的组合有更多种可能）

三色灯开关的功能是：

(1) 如果快速断开/闭合开关，可以切换灯色，即：

- 如果灯具发出白光时断开开关，且在 T_{mode} 秒之内再次闭合开关，灯具发出日光，
- 如果灯具发出日光时断开开关，且在 T_{mode} 秒之内再次闭合开关，灯具发出黄光，
- 如果灯具发出黄光时断开开关，再次闭合开关之后，灯具发出白光。

(2) 如果开关断开的超过 T_{mode} 秒，则开关闭合后，灯具发出白光。

设计的三色灯分为两种模式：

- 操作模式：MODE_RUN，此模式下 $T_{mode} = 1s$ ；
- 演示模式：MODE_DEMO，此模式下 $T_{mode} = 10s$ 。

1.2 基本实验要求

基本实验要求为：



- a) 采用 Verilog HDL 语言描述有限状态机 (FSM)，实现第 1.1 节所述的灯具控制电路的时序逻辑，用实验板上的 4 个 LED 灯分别代表现实中的 4 个灯芯；
- b) 对三色灯功能仿真，对状态机等关键实例进行功能仿真测试；
- c) 设计实现两种操作模式 MODE_RUN 和 MODE_DEMO，通过一个按钮开关 (K_2) 来控制，区别在于连续按按钮开关获得不同灯色的定时值不同，按钮开关可以借助实验一的消抖模块实现；
- d) 采用 FPGA 开发工具实现相应的逻辑功能并加以演示；
- e) 在实验报告中，请绘制设计的框图 (此项为必选项)；
- f) 在实验报告中，请说明采用何种风格 (一段式、二段式、三段式) 实现时序逻辑电路的状态机，并切实地分析所采用的实现形式的优缺点。

本实验将采取实验报告和现场汇报演示相结合的形式，实验报告上交的具体截止日期请注意任课教师的通知，实验报告格式请参考本文档；现场汇报演示的时间和分组情况请注意任课老师的通知。特此广而告之。

1.3 扩展要求

扩展的实验要求：

在 MODE_DEMO 模式下，添加以下功能：

- (1) 连接一个八段数码管显示开关断开后的秒数，辅助三色灯在“白光—日光—黄光”的状态切换演示；以便直观地观察定时的运行效果；
- (2) 连接另外一个八段数码管演示当前状态机所位于的状态，具体状态与序号自定义，要求在 10 个状态以内。

1.4 其它提示

“实验板”的 I/O 接口、人机接口资源和数码管的使用请参考《digiC2023 课程实验实验指导书(01)》，或参考实验一手册后面的附录。

实验二、时序逻辑设计——三色灯开关（实验报告部分）

2 实验报告

2.1 需求分析

设计三色 LED 灯：白光、日光、黄光，由一个开关控制，并由另一个开关控制运行和演示模式。

三色灯开关的功能是：

（1）如果快速断开/闭合开关，可以切换灯色，即：

- 如果灯具发出白光时断开开关，且在 T_{mode} 秒之内再次闭合开关，灯具发出日光，
- 如果灯具发出日光时断开开关，且在 T_{mode} 秒之内再次闭合开关，灯具发出黄光，
- 如果灯具发出黄光时断开开关，再次闭合开关之后，灯具发出白光。

（2）如果开关断开的的时间超过 T_{mode} 秒，则开关闭合后，灯具发出白光。

2.2 系统设计

2.2.1 总体设计思路

状态转移图如下：输入 1 代表未超时的开关信号，0 代表超时的开关信号。

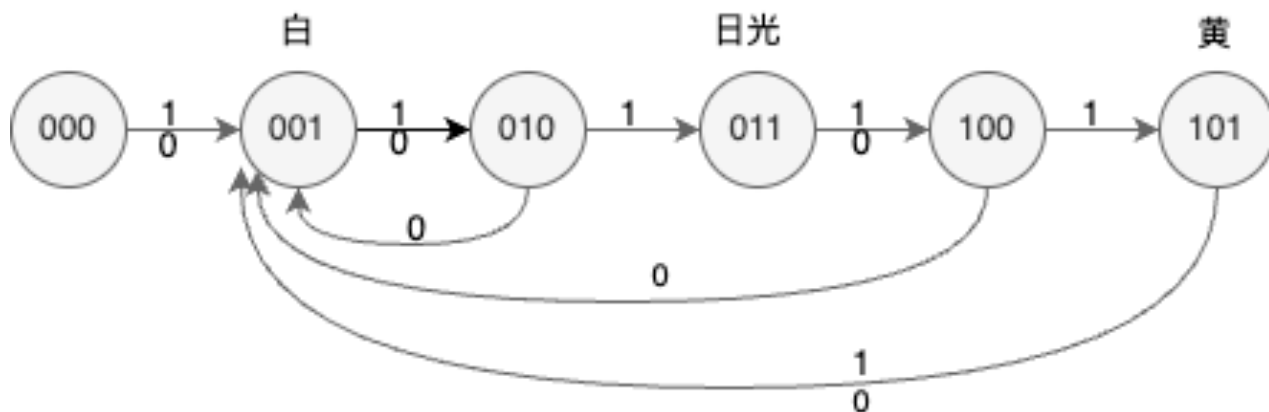


图 1 状态转移图

系统设计为一段式，整个电路用一个进程描述，包含状态转移条件判断、状态输出和状态寄存器转移。本实验较为简单，使用一段式方便快捷。

系统架构图如下：

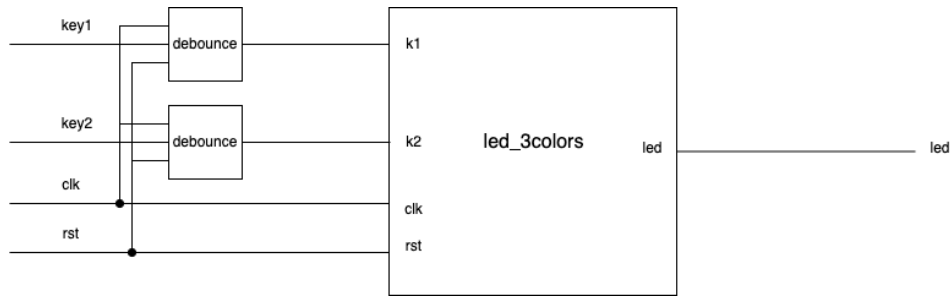


图 2 系统架构图

2.2.2 接口设计

信号名	方向	功能描述
clk	I	时间信号
rst	I	重置信号
key1	I	LED 开关
key2	I	模式调整
led[3:0]	O	输出 LED

2.2.3 模块设计

计时模块：每个时钟中期计时器 ctr 加一。

状态转移模块：用一个 case 函数处理即可，每次转移状态后计时器清零。

```
case(status)
    0: begin
        status = 1;
    end
    1: begin
        status = 2;
    end
    2: begin
        if(ctr > T0 && !model) begin
            status = 1;
        end
    end
endcase
```



```
        else if(ctr > T1 && model) begin
            status = 1;
        end
        else begin
            status = 3;
        end
    end
end
3: begin
    status = 4;
end
4: begin
    if(ctr > T0 && !model) begin
        status = 1;
    end
    else if(ctr > T1 && model) begin
        status = 1;
    end
    else begin
        status = 5;
    end
end
5: begin
    status = 0;
end
default begin
    status = 0;
end
```

```
endcase
```

第 7 页


```
#30 k1 = !k1;

end

always #10 clk = !clk;

endmodule
```

2.3.2 功能仿真过程

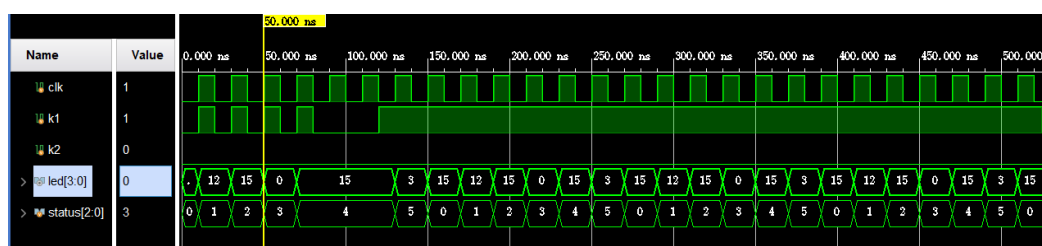


图 3 仿真测试

2.4 设计实现

2.4.1 综合和下载过程

```
set_property IOSTANDARD LVCMOS33 [get_ports {led[3]}]
set_property IOSTANDARD LVCMOS33 [get_ports {led[2]}]
set_property IOSTANDARD LVCMOS33 [get_ports {led[1]}]
set_property IOSTANDARD LVCMOS33 [get_ports {led[0]}]
set_property PACKAGE_PIN F19 [get_ports {led[0]}]
set_property PACKAGE_PIN E21 [get_ports {led[1]}]
set_property PACKAGE_PIN D20 [get_ports {led[2]}]
set_property PACKAGE_PIN C20 [get_ports {led[3]}]
set_property IOSTANDARD LVCMOS33 [get_ports clk]
set_property PACKAGE_PIN Y18 [get_ports clk]
set_property PACKAGE_PIN M13 [get_ports key1]
set_property PACKAGE_PIN K14 [get_ports key2]
set_property IOSTANDARD LVCMOS33 [get_ports key1]
set_property IOSTANDARD LVCMOS33 [get_ports key2]
```



```
set_property IOSTANDARD LVCMOS33 [get_ports rst]
set_property PACKAGE_PIN F20 [get_ports rst]
set_property BITSTREAM.CONFIG.SPI_BUSWIDTH 4 [current_design]
set_property CONFIG_MODE SPIx4 [current_design]
set_property BITSTREAM.CONFIG.CONFIGRATE 50 [current_design]
```

2.5 小结

实现三色 LED 功能，并提供运行和演示双模式。

参考文献

[1] (如果有)