

1、实验名称：实验四 状态机实验

2、实验目的：

本实验的目的是学习时序逻辑模块（状态机）在数字系统中的应用

3、实验内容：

(1) 实验 4.1——计时器

- a) 实现反应计时器；
- b) 测一测你的反应；
- c) 需要上板。

(2) 实验 4.2——呼吸灯

- a) 了解脉冲宽度调试 PWM；
- b) 了解占空比；
- c) 需要上板。

(3) 实验 4.3——拖影流水灯（选做）

- a) 更复杂的状态控制和时序控制；
- b) 需要上板，如果做了该实验可以直接验收这个，验收通过后实验 4.2 可直接算满分。

(4) 实验 4.4——滚动显示学号

- a) 状态控制和时序控制；
- b) 需要上板。

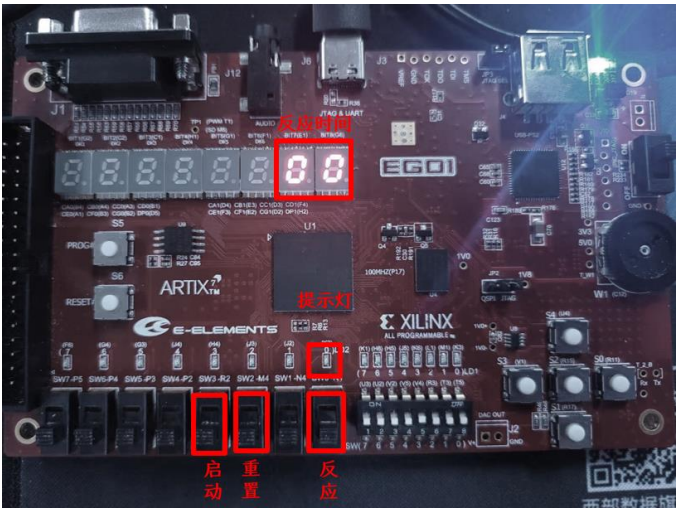
(5) 实验 4.5——设计数码管控制器

- a) 状态控制和时序控制；
- b) 按键消抖；
- c) 需要上板。

实验步骤：

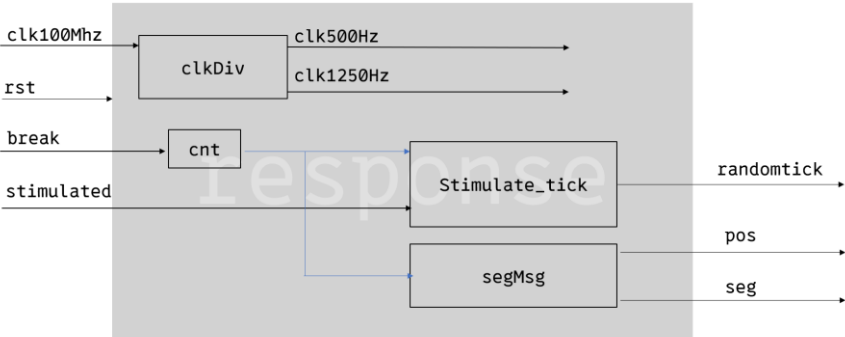
4、实验 4.1 的实现及仿真验证

(1) 描述你的计时器是如何使用的
见下图



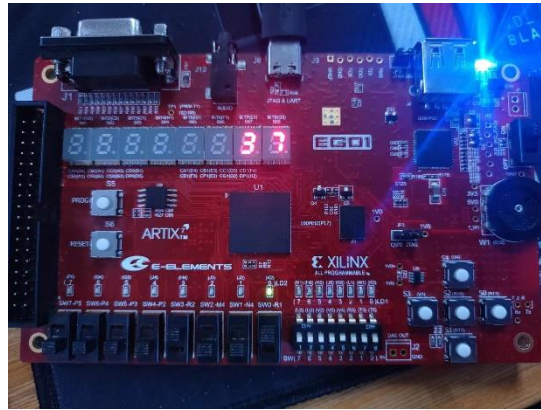
计时器使用说明

(2) 画出模块设计图，并给出仿真结果与解释
模块设计图如下，为了保持简洁省略掉了部分 `clk` 和 `rst` 的相关布线，另，在实际代码中未分理出 `cnt` 模块，直接写在顶层模块了。



计时器模块设计

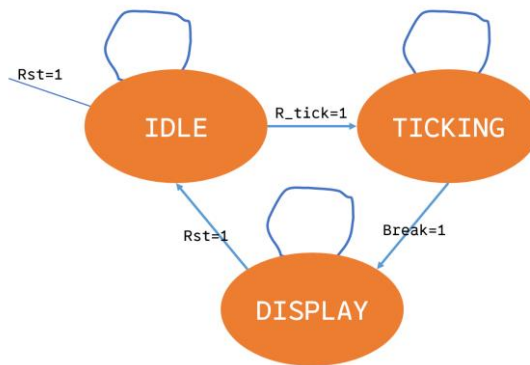
由于时间尺度过大，未进行仿真。
(3) 测试自己的反应时间，将结果拍照
见下图



计时器上板测试

(4) 如果使用状态机完成该实验，你会设计几个状态，并给出状态转移图；如果不是使用状态机完成该实验，请详述你的设计方法

三个状态（IDLE，TICKING，DISPLAY），状态转移图如下



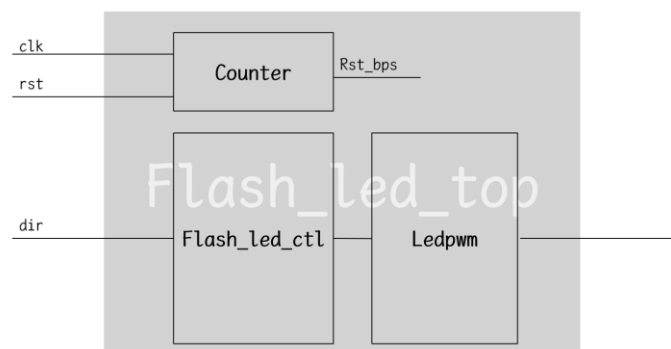
计时器状态转移图

5、实验 4.2/4.3 的实现及仿真验证

(1) 画出模块设计图，并给出仿真结果与解释

4.2 仅有一个 led 模块

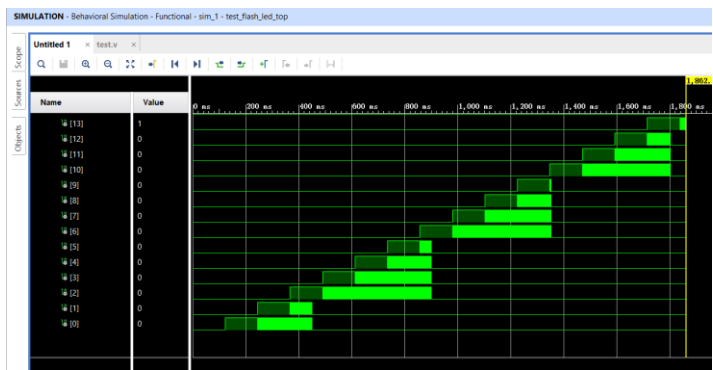
4.3 的模块设计如下，为了保持简洁省略掉了部分 clk 和 rst 的相关布线：



拖影流水灯模块设计

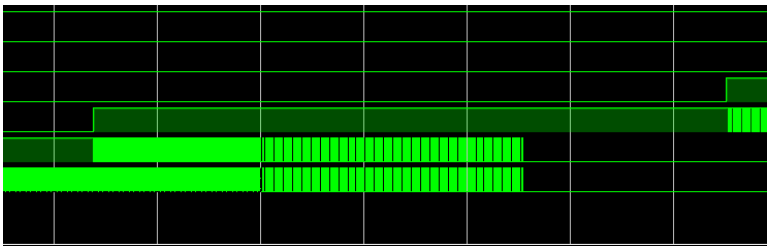
只进行了 4.3 的仿真，分为两张图说明：

下图验证了流水灯的拖尾效果。



拖影流水灯仿真图总览

下图验证了拖尾渐暗的效果（高电平占比变低，出现低电平缝隙）：



拖影流水灯 PWM 仿真细节图

6、实验 4.4 的实现及仿真验证

(1) 描述一侧四个数码管如何显示不同的数字的

共阴极的四个数码管是不可能同时显示不同的数字的，所以可以借助人眼的视觉暂留效应，让数码管在短时间内分别在各个数位轮流显示数字，这样就达到了视觉上显示不同数字的效果。

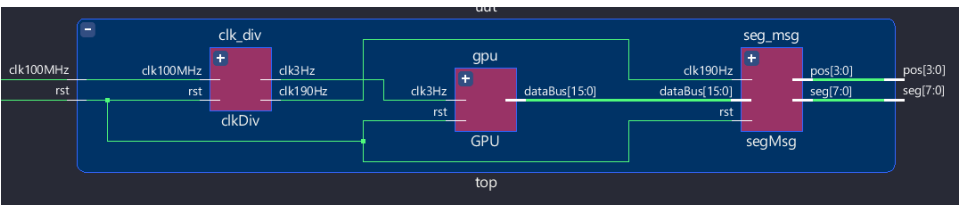
(2) 如果控制数码管显示的时钟频率过快或过慢会怎样

过快：电路硬件可能无法满足快速切换的性能要求，出现“毛刺”，寄存器未及时稳定，或者信号传播延迟导致显示异常。若频率超过人眼的视觉暂留阈值，数码管可能无法被看清，甚至出现“模糊”的显示效果。

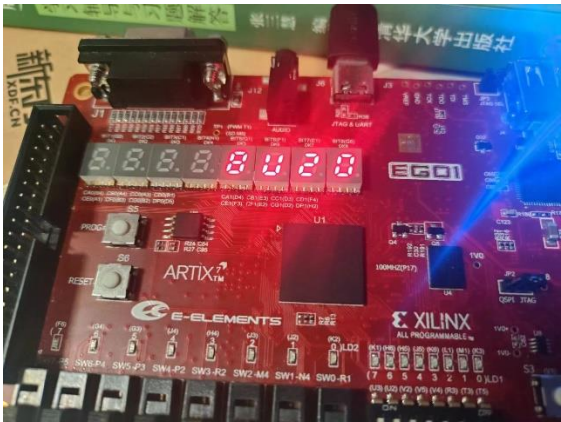
过慢：人眼察觉出数码管闪烁，看起来就像是数字不稳定的频闪显示。

(3) 画出模块设计图，并给出仿真结果与解释

模块设计图如下：（此处给出 RTL 分析图）



由于时间尺度过大不便于仿真，此处给出上板演示图，具体情况验收时进一步展示。



流动的学号上板演示图 1

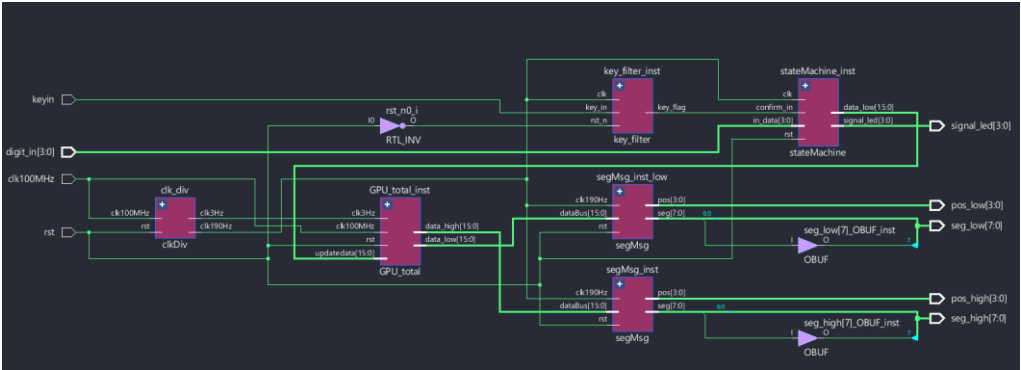


流动的学号上板演示图 2

7、实验 4.5 的实现及仿真验证

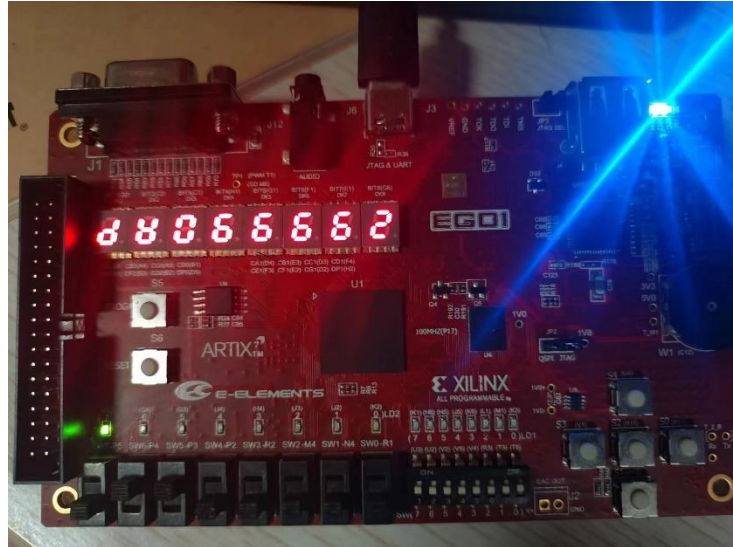
(1) 画出模块设计图，并给出仿真结果与解释

模块设计图如下：（模块较多，此处给出 RTL 分析图）



综合实验 RTL 分析图

由于时间尺度过大不便于仿真，此处给出上板演示图，具体情况验收时进一步展示。



综合实验上板效果图

8、本次实验心得体会

更深入的使用 vivado 仿真来定位错误代码段 debug 效果，学会使用 pwm 方法降低 led 灯的亮度，能利用分频手段点亮更多的数码管。