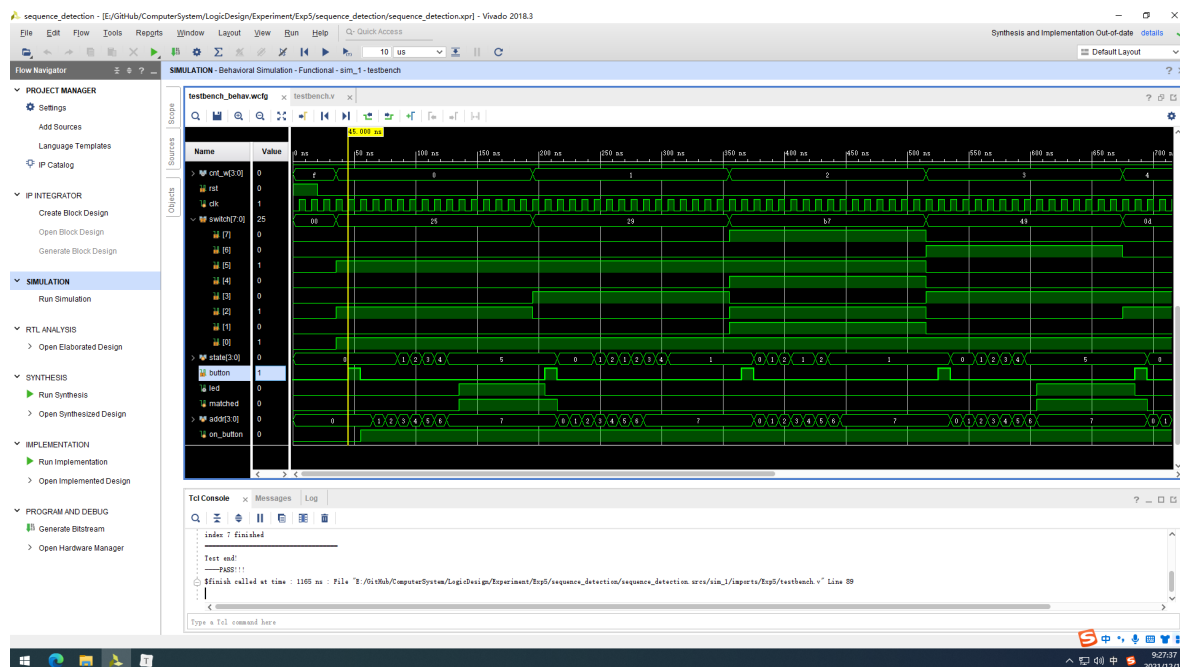


# 实验5 序列检测器设计 仿真波形分析

## sequence\_detection

### 仿真波形



### 波形分析

sequence\_detection实验是实现给定文本串的子序列进行检测

- 文本串信号由拨码开关给出，从switch[7]到switch[0]；待匹配模式串预先设定在代码中
- 当rst处于高电平时，检测器不工作，处于重置状态（即初始化状态）
- 当rst处于低电平，且button触发一次高电平时，开始对当前指定序列进行检测
- 每次的检测结果由led[0]位置的信号给出，对应到开发板上第零位led高亮为检测通过

### 信号定义

- **clk**为时钟信号，为了便于处理并行操作而使用的时序电路，每一位检测时间间隔为1个时钟周期
- **rst**为复位信号，仿真过程中在初始时复位信号高电平，其他时候低电平代表即将开始工作或者已经处于工作状态
- **button**为检测器开始检测的启动信号，信号高电平触发后，检测器处于工作状态，每次按下时重置检测器的检测状态state，重新开始检测，目的在于便于连续进行多次的序列检测
- **on\_button**为检测器处于工作状态的信号，为了与state相区分，这里的on\_button信号只判断是否按下过button，只完成这一功能
- **state**为序列检测器的状态信号，同样也是模式串连续匹配成功的位置，在对每一位进行连续检测的时候，状态根据状态转移表对应的结果进行转移，当状态转移到5，达成匹配时，led点亮
- **switch**为文本串，**addr**为文本串偏移量，**switch[7-addr]**表示文本串和模式串进行比较的字符
- **led**为检测判断信号，led高亮时当前序列检测通过，led熄灭时当前序列检测不通过或者当前未触发button对状态进行重置

### 状态转移表

给定有限状态机 $M$ ， $M = \{Q, q_0, A, \Sigma, \delta\}$ 定义如下

- $Q = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$  是状态的集合，即有限状态机中所有可能出现的转移状态
- $q_0 = 0$  是有限状态自动机的起始状态， $q_0 \in Q$
- $A = \{5\}$  是可接受状态集合， $A \subseteq Q$
- $\Sigma = \{0, 1\}$  为所有可能输入的字符集合
- $\delta(q, \alpha) = \max\{k : p[0:k] \text{ 是 } p[0:q]\alpha \text{ 的后缀}\}$  为状态转移函数， $\alpha$  为当前检测字符， $q$  为状态， $p$  为模式串。状态转移函数由状态转移表给出

本实验的有限状态自动机状态转移表计算如下，其中p为模式串10010（连续匹配成功的字符集对应字符列的状态已经加粗显示）：

state	0	1	$p[i]$
0	0	<b>1</b>	1
1	<b>2</b>	1	0
2	<b>3</b>	1	0
3	0	<b>4</b>	1
4	<b>5</b>	1	0
5	0	1	

### 波形时序分析

以启动过程和testbench中第一次检测为例对本实验波形进行分析，其余部分同理，检测失配时即跳转到对应的状态

- 对于启动过程的分析

clk(ns)	rst	switch(hex)	switch(bin)	state	button	addr	on_button	led	matched
0-55	1=>0	00=>8'h25	0=>8'b0010_0101	0	0=>1=>0	0	0=>1	0	0

- 在0-20ns时，rst处于高电平，之后处于低电平，表示检测器即将开始工作
- 在20-35ns时，switch信号开始变更，表示输入了待检测序列
- 在45-55ns时，button高电平触发一次，之后回到低电平，此后从55ns起，on\_button开始处于高电平，表示序列检测器开始检测

- 对于第一次匹配成功的检测过程的分析

clk(ns)	rst	switch	switch(bin)	state	button	addr	on_button	led	matched
55-85	0	8'h25	8'b0010_0101	0=>1	0	0=>1=>2	1	0	0
85-125	0	8'h25	8'b0010_0101	1=>2=>3=>4=>5	0	2=>3=>4=>5=>6	1	0	0
125-135	0	8'h25	8'b0010_0101	5	0	6=>7	1	0=>1	0=>1
135-215	0	8'h25=>8'h29	8'b0010_0101=>8'b0010_1001	5=>0	0=>1=>0	7=>0	1	1=>0	1=>0

- 在开始检测后，55-75两个时钟周期中匹配失败，模式串前两位为10，文本串为00，故连续匹配失败，由状态转移表可知状态转移至初始的状态0
- 在75-85ns时，模式串首位1和文本串001位置的字符匹配成功，状态转移至1，代表已匹配成功的前缀字符长度，此后到135ns为止连续匹配成功，状态转移方式同理
- 在135-205ns时，序列检测器处于匹配成功的过程，状态保持为5，led常亮
- 在205-215ns时，button高电平触发一次，状态清0，led由于组合逻辑方式连接实时变化为0，matched匹配检测信号在下一个时钟周期到来时置0

综上所述，本模块实现了序列检测器的功能，仿真通过，上板对于更多实例验证成功，说明该模块确实实现了状态机检测给定字符串子串的功能，说明该实验完成良好。