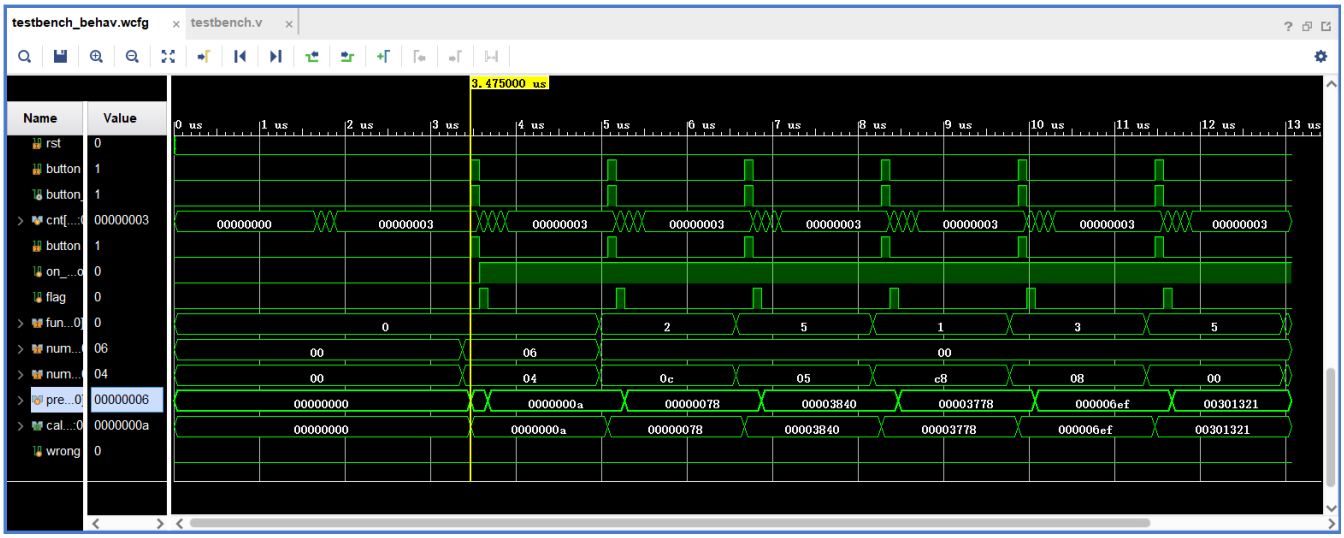
实验6 十六进制计算器设计 调试报告

calculator_hex

仿真波形



波形分析

模块定义

calculator_hex实验是实现十六进制计算器的加、减、乘、除、模和平方的功能，默认进行连续运算，模块定义如下：

- **calculator_top.v** 电路总控制模块，调用各模块功能最后实现运算并显示在数码管上。
- **clk_div** 时钟IP核，用于时钟分频，分频时钟clk_g的频率为10MHz
- **key_filter.v** 消抖模块，用于在上板操作时，避免了按键时不稳定脉冲导致的波形抖动，也避免持续按键导致的非期望的连续计算
- **calculator_hex.v** 实现计算器核心功能的模块，用于完成加减乘除模平方的运算，默认进行连续运算，按下rst后重置寄存器，每按下一次button进行一次运算
- **calculator_display.v** 实现将计算器得出的32位2进制数cal_result转为16进制数在8位数码管上显示

信号定义

> 只对模块中自定义信号和部分给定信号进行说明

calculator_top.v

```
    wire clk_g             ;  // 分频时钟
    wire locked            ;  // 时钟锁定信号，当分频时钟输出稳定后为高电平
    wire button_f          ;  // button消除抖动后的信号，作为其他模块的button输入信号
    wire on_button         ;  // 开始计算后处于工作状态的标记信号
    wire [31:0] cal_result;  // 传递32位二进制计算结果的信号
    wire [7:0]  led_w      ;  // _w代表wire类型，数码管段选信号
```

key_filter.v

```
    // parameter CNT_MAX = 32'd1000;  // 计数器最大数值，控制两次按键时间间隔
    parameter CNT_MAX    = 32'd3;  // simulation
    reg [31:0] cnt = 0   ;  // 两次按键最小时间间隔计数，用于消除毛刺信号
    wire rst_n     = ~rst;  // rst_n下降沿复位
```

calculator_hex.v

```
    wire rst_n             = ~rst;  // rst_n下降沿复位
    reg on_button          = 0   ;  // 开始计算后处于工作状态的标记信号
    reg flag               = 0   ;  // 用于标记按下button后的第一个时钟周期
    reg [31:0] prev_result = 0   ;  // 连续运算时，用于保存中间计算结果
```

calculator_display.v

```
    // parameter SCAN_CNT_MAX = 20'd1_0000; // 扫描时间间隔计数最大时钟周期数
    parameter SCAN_CNT_MAX = 20'd5;      // simulation
    wire rst_n          = ~rst ;  // rst_n下降沿复位
    reg  on_button      = 0    ;  // 开始计算后，处于工作状态的标记信号
    reg [7:0]  cur_code = 8'hff;  // 当前结果位置数值显示到数码管上对应的编码
    reg [20:0] scan_cnt = 0    ;  // 扫描计数器
    reg [2:0]  scan_pos = 0    ;  // 当前扫描的位置
    wire [3:0] result [7:0]    ;  // 重新分割32位2进制计算结果的位，分割成8个4位数值，只是为了人直接
的阅读方面
```

波形时序分析

- 对于第一次计算，相较于接下来的计算稍微特殊，在时钟分频之后，分频时钟的频率为10MHz，时钟周期为100ns

clk(ns)	rst	button	on_button	flag	func	num1	num2	prev_result	cal_result
0-20(+)	1=>0	0	0	0	0	0	0	0	0
20(+)-3375(+)	0	0	0	0	0	0=>'h06	0=>'h04	0	0
3375(+)-3475(+)	0	0=>1	0	0	0	'h06	'h04	0=>'h6	0=>'ha
3475(+)-3575(+)	0	1=>0	0=>1	0=>1	0	'h06	'h04	'h6	'ha
3575(+)-3675(+)	0	0	1	1=>0	0	'h06	'h04	'h6=>'ha	'ha
3675(+)-4975(+)	0	0	1	0	0=>'h2	'h06=>0	'h04=>'h0c	'ha	'ha

由上表可见，在开始第一次计算之前（3375ns之前，之后只更新了num1和num2信号的值），对应各数值均为0，rst之后的状态就是此时的状态

  - 当第一次按下button时（3475ns），在当前时钟周期由时序逻辑控制的prev_result将num1数值存入，组合逻辑控制的cal_result将prev_result和num2进行运算，得到结果'ha
  - 在第一次按下button后的第一个时钟上沿到来的时候（3575ns），运算结果稳定一周期，该周期由上一周期on_button尚未修改确定（即标记了第一次按下button前的时间），对应到代码如下：

```
    always @(posedge clk, negedge rst_n) begin
        if (~rst_n)
            prev_result <= 0;
        else if (!on_button)
            prev_result <= num1;  // new requirement given during class
        else if (on_button && flag)
            prev_result <= cal_result;
        else
            prev_result <= prev_result;
    end
```

    - 在第一次按下button后的第二个时钟上沿到来的时候（3675ns），prev_result更新为先前计算结果，flag信号上一周期被更改的1确定。
- 对于此后的连续运算过程，与第一次计算无异，但prev_result的更新只由flag高电平的1个时钟周期控制

  波形给出的计算过程如下：

cnt	func	prev_result	num1	num2	cal_result
0	0	'h00000006	'h06	'h04	'h0000000a
1	'h2	'h0000000a	0	'h0c	'h00000078
2	'h5	'h00000078	0	'h05	'h00003840
3	'h1	'h00003840	0	'hc8	'h00003778
4	'h3	'h00003778	0	'h08	'h000006ef
5	'h5	'h000006ef	0	'h00	'h00301321

  对应于十进制计算过程如下：

cnt	func	prev_result	num1	num2	cal_result
0	加法	6	6	4	10
1	乘法	10	0	12	120
2	平方	120	0	5（与结果无关）	14400
3	减法	14400	0	200	14200
4	除法	14200	0	8	1775
5	平方	1775	0	0	3150625

综上所述，本次实验完整的实现了十六进制计算器的基本功能，同时使用按键消抖模块避免了毛刺信号对按键的干扰，也避免了长按时对按键的错误判断。仿真通过，上板验证良好，说明本实验完成良好。