

2023 春计算机组成课程实验大作业实验报告

题目 1 程序执行周期数的采样模块设计与实现

1. 增加一个输入 I/O 口

在 lab4 代码基础上为 sc_datamem.v 增加一个输入 I/O 口 inport2，地址定为 0x88。

代码修改如下：

对 io_input.v 进行的修改：

```
module io_input_mux(a0,a1,a2,sel_addr,y);
    input [31:0] a0,a1,a2;
    input [5:0] sel_addr;
    output [31:0] y;
    reg [31:0] y;
    always @*
        case (sel_addr)
            6'b100000: y = a0; // inport0 byte address 0x80
            6'b100001: y = a1; // inport1 byte address 0x84
            6'b100010: y = a2; // inport2 byte address 0x88
            default: y = 32'h0;
        endcase
endmodule
```

其余的与 in_port2 有关的 module 如 sc_datamem.v 中均进行了对应的修改。

2、增加一个计数器模块。

设计一个具有异步清零功能的 32bit 计数器 sys_clk_counter，对 FPGA 板上 100MHz 的输入系统时钟 sys_clk_in 计数，板上 sys_rst_n 按键可异步清零。添加计数器到 lab4 的顶层模块 sc_cpu_iotest.v。计数器输出连接到 inport2。

计数器模块的代码设计

sys_clk_counter.v

```
module sys_clk_counter (
    input sys_clk_in,
    input sys_rst_n,
    output reg [31:0] count
);
    always @(posedge sys_clk_in or negedge sys_rst_n) begin
        if (!sys_rst_n)
            count <= 32'b0; // 异步清零
        else
            count <= count + 1; // 计数器加1
        end
    endmodule
```

```
62 ;
63 sys_clk_counter in2(
64     .sys_clk_in(sys_clk_in),
65     .sys_rst_n(sys_rst_n),
66     .count(in_port2)
67 );
68 ;
```

3、修改 lab2.1 测试程序，完成以下功能。

在测试程序执行结束时也即在语句 srl x18,x18,15 和 fi:j fi 之间添加程序段，通过 inport2 读入计数器 sys_clk_counter 的值，存于 x20，并通过 outport2（地址也是 0x88）输出到 FPGA 板七段数码管上。该值代表了程序执行到读计数器值语句所用的周期数的两倍。同时显示寄存器 x18 的值。在数码管最高 2 位显示自己学号的最低 2 位数。

注：为便于利用原有代码并同时显示以上多个值，允许只显示十进制计数值的低 2 位值。
对测试代码的修改为

在语句 `srli x18, x18, 15` 和 `fi: fi` 之间添加程序段，添加程序段如下：

`addi x11, x0, 128`

`addi x12, x0, 132`

`addi x13, x0, 136`

`lw x20, 0(x13)`

`sw x20, 0(x13)`

`sw x18, 0(x12)`

完整代码：

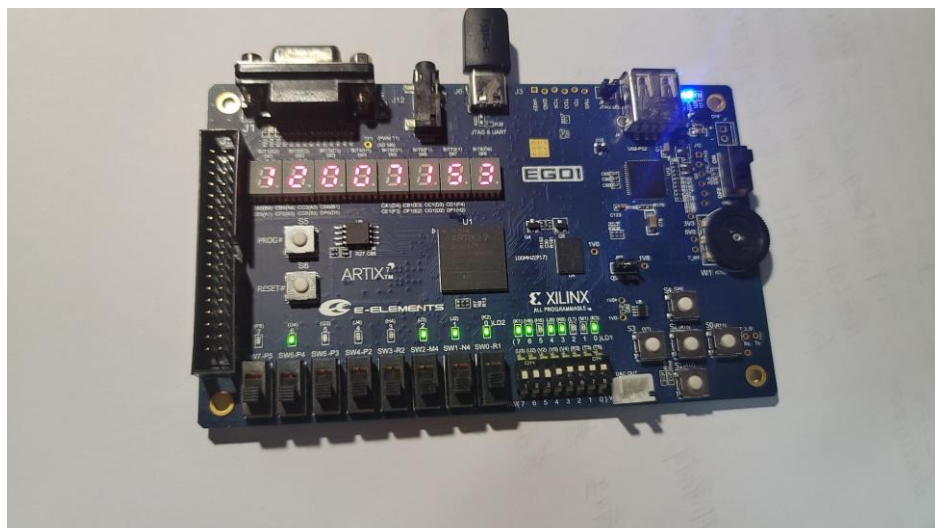
```
1 lui x10, 0
2 ori x4, x10, 0
3 addi x25, x0, 1
4 addi x26, x0, 2
5 addi x27, x0, 3
6 addi x28, x0, 4
7 sw x25, 0(x4)
8 sw x26, 4(x4)
9 sw x27, 8(x4)
10 sw x28, 12(x4)
11 addi x5, x0, 4
12 call:
13 jal sum
14 sw x12, 0(x4)
15 lw x19, 0(x4)
16 sub x18, x19, x12
17 addi x5, x0, 3
18 loop2:
19 addi x5, x5, -1
20 ori x18, x5, -1
21 xori x18, x18, 1365
22 addi x19, x0, -1
23 andi x20, x19, -1
24 or x16, x20, x19
25 xor x18, x20, x19
26 and x17, x20, x16
27 beq x5, x0, shift
28 j loop2
29 shift:
30 addi x5, x0, -1
31 slli x18, x5, 15
32 slli x18, x18, 16
33 srai x18, x18, 16
34 srli x18, x18, 15
35 addi x11, x0, 128
36 addi x12, x0, 132
37 addi x13, x0, 136
38 lw x20, 0(x13)
39 sw x20, 0(x13)
40 sw x18, 0(x12)
41 fi:
42 j fi
43 sum:
44 add x18, x0, x0
45 loop:
46 lw x19, 0(x4)
47 addi x4, x4, 4
48 add x18, x18, x19
49 addi x5, x5, -1
50 bne x5, x0, loop
51 slli x12, x18, 0
52 jr ra
```

4.仿真结果

Execution info		Instruction memory	
Cycles:	76	BP	Addr
Insts. retired:	76		Stage
PI:	1		Instruction
PC:	1	<input type="checkbox"/> 0x80	addi x12 x0 132
Lock rate:	3.53 Hz	<input type="checkbox"/> 0x84	addi x13 x0 136
		<input type="checkbox"/> 0x88	lw x20 0 x13
		<input type="checkbox"/> 0x8c	...

Processor: Single-cycle processor ISA: RV64IM

板级验证照片:



板级验证照片中数码管最高两位为 12, 与本人学号 521030910112 对应, 数码管的 3, 2 位为 71, 代表当我们执行完指令后, 寄存器 x18 的值为 0x0001ffff 0x0001ffff 转化为十进制是, 最后两位刚好是 71 数码管的最低两位显示 53, 00000000099 转化为十进制是 153, 刚好是 153 的十位和个位板级验证照片与仿真结果吻合。

题目 2 基于自定义指令或已有的 22 条指令的极值搜索程序的设计仿真和板级验证。

为了实现题目 2 的功能, 我们设计了两条 R 型指令 min, max

smallnum rd, rs1, rs2: rd 是目标寄存器, rs1, rs2 是两个用于比较的寄存器, min rd, rs1, rs2 指令将寄存器 rs1, rs2 中的值进行比较, 并且把较小的值存入寄存器 rd 中

big rd, rs1, rs2: rd 是目标寄存器, rs1, rs2 是两个用于比较的寄存器, max rd, rs1, rs2 指令将寄存器 rs1, rs2 中的值进行比较, 并且把较大的值存入寄存器 rd 中

addi x17 x0 256	10000893
addi x18 x0 0	00000913
lw x19 0 x0	00002983
min x17, x17, x19	0138a8b3
max x18, x18, x19	41392933
lw x19 4 x0	00402983
min x17, x17, x19	0138a8b3
max x18, x18, x19	41392933
lw x19 8 x0	00802983
min x17, x17, x19	0138a8b3

max x18, x18, x19	41392933
lw x19 12 x0	00c02983
min x17, x17, x19	0138a8b3
max x18, x18, x19	41392933
lw x19 16 x0	01002983
min x17, x17, x19	0138a8b3
max x18, x18, x19	41392933
lw x19 20 x0	01402983
min x17, x17, x19	0138a8b3
max x18, x18, x19	41392933
lw x19 24 x0	01802983
min x17, x17, x19	0138a8b3
max x18, x18, x19	41392933
lw x19 28 x0	01c02983
min x17, x17, x19	0138a8b3
max x18, x18, x19	41392933
lw x19 32 x0	02002983
min x17, x17, x19	0138a8b3
max x18, x18, x19	41392933
lw x19 36 x0	02402983
min x17, x17, x19	0138a8b3
max x18, x18, x19	41392933
lw x19 40 x0	02802983
min x17, x17, x19	0138a8b3
max x18, x18, x19	41392933
lw x19 44 x0	02c02983
min x17, x17, x19	0138a8b3
max x18, x18, x19	41392933
addi x11, x0, 128	08000593
addi x12, x0, 132	08400613
addi x13, x0, 136	08800693
lw x20, 0(x13)	0006aa03
sw x20, 0(x13)	0146a023
sw x17, 0(x12)	01162023
sw x18, 0(x11)	0125a023
fi:	0000006f
j fi	

程序执行的结果：

题目 2 的板级验证照片如下所示。

Figure 2-1 题目 2 的板级验证照片