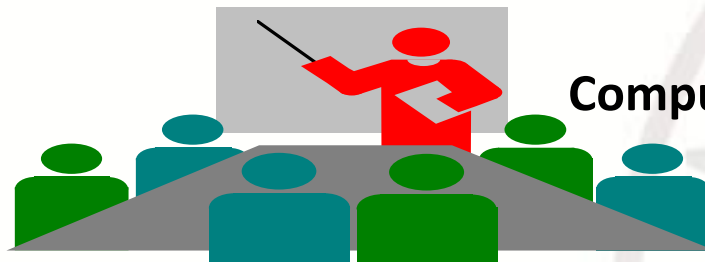




浙江大学  
ZHEJIANG UNIVERSITY



Computer Organization & Design

# Computer Organization & Design

## 实验与课程设计

### 实验七

### CPU设计-指令集扩展

施青松

Asso. Prof. Shi Qingsong

College of Computer Science and Technology, Zhejiang University

[zjsqs@zju.edu.cn](mailto:zjsqs@zju.edu.cn)

---

# Course Outline



# 实验目的



1. 运用寄存器传输控制技术
2. 掌握CPU的核心：指令执行过程与控制流关系
3. 设计数据通路和控制器
4. 设计测试程序



# 实验环境

## □ 实验设备

1. 计算机（Intel Core i5以上，4GB内存以上）系统
2. Spartan-3 Starter Kit Board/Sword开发板
3. Xilinx ISE14.4及以上开发工具

## □ 材料

无

# Course Outline

A vertical diagram showing four steps of a course outline. Each step is represented by a white circle on the left, connected by a vertical line, with a corresponding colored rectangular bar to its right. The bars are blue, yellow, blue, and blue from top to bottom.

实验目的与实验环境

实验任务

实验原理

实验操作与实现

# 实验任务

## 1. 扩展实验六CPU指令集

- 重新设计数据通路和控制器

- 兼容Exp05的数据通路和控制器
- 替换Exp05的数据通路控制器核

- 扩展不少于下列指令

R-Type: add, sub, and, or, xor, nor, slt, srl\*, jr, jalr, eret;

I-Type: addi, andi, ori, xori, lui, lw, sw, beq, bne, slti

J-Type: J, Jal\*;

- 此实验在Exp06的基础上完成

## 2. 设计指令集测试方案

## 3. 设计指令集测试程序

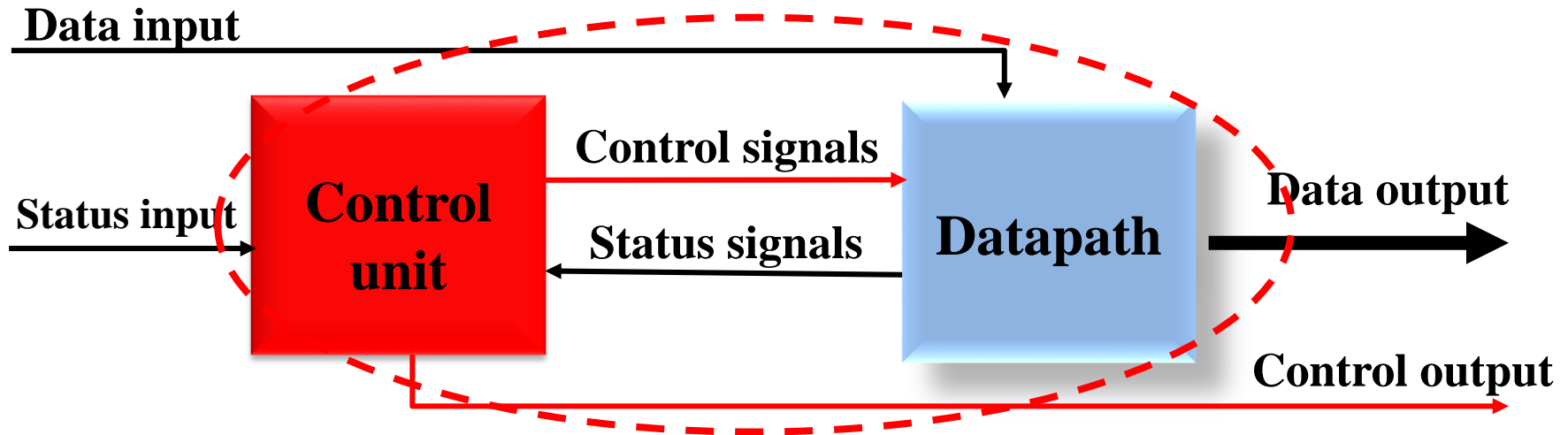
# Course Outline



# CPU organization

## □ Digital circuit

- General circuits that controls logical event with logical gates -  
**-Hardware**



## □ Computer organization

- Special circuits that processes logical action with instructions  
**-Software**





# 控制信号定义

## □ 兼容Exp06需要增加那些通路与控制

信号	源数目	功能定义	赋值0时动作	赋值1时动作
ALUSrc_B	2	ALU端口B输入选择	选择寄存器B数据	选择32位立即数 (符号扩展后)
RegDst	2	寄存器写地址选择	选择指令rt域	选择指令rs域
MemtoReg	2	寄存器写入数据选择	选择存储器数据	选择ALU输出
Branch	2	Beq指令目标地址选择	选择PC+4地址	选择转移地址 (Zero=1)
Jump	2	J指令目标地址选择	选择J目标地址	由Branch决定输出
RegWrite	-	寄存器写控制	禁止寄存器写	使能寄存器写
MemWrite	-	存储器写控制	禁止存储器写	使能存储器写
MemRead	-	存储器读控制	禁止存储器读	使能存储器读
ALU_Control	000-111	3位ALU操作控制	参考表 Exp04	Exp04



# 控制信号真值表

□ 根据数据通路重新设计控制器输出信号真值表

OP	Reg Dst	ALU Src	Mem toReg	Reg Write	Mem Read	Mem Write	Branch	Jump	ALU op1	ALU op0
R-格式 000000										
I-格式LW										
I-格式SW										
I-格式beq										
J-格式										

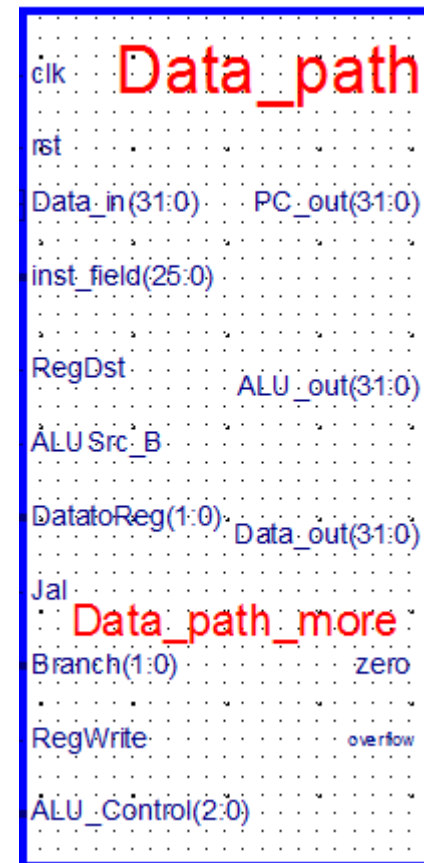
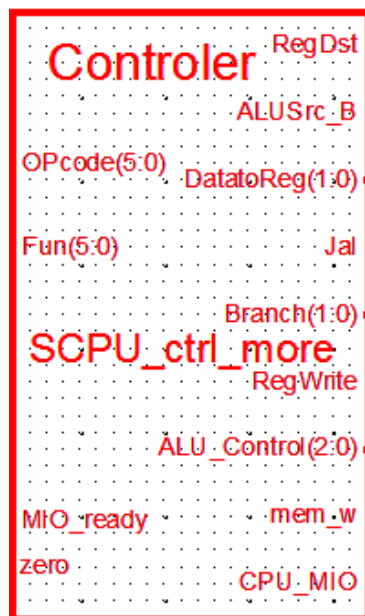
重新设计真值表  
需要增加控制信号吗？  
需要ALU<sub>Op</sub>吗？

# 重新设计数据通路与控制接口：



## □ 重新设计接口

- 扩展后增加了控制信号
- 数据通路参考接口如右图
  - 模块符号文档：Dataa\_path\_more.sym
- 控制器参考接口信号如下图
  - 模块符号文档：SCPU\_ctrl\_more.sym



# 数据通路功能控制器接口信号标准



```
module SCPU_ctrl_more( input[5:0]OPcode,           //OPcode
                      input[5:0]Fun,             //Function
                      input MIO_ready,          //CPU Wait
                      .....
                      output reg mem_w,
                      output reg [2:0]ALU_Control,
                      output reg CPU_MIO
                      );

endmodule
```

```
module Data_path_more( input clk,                //寄存器时钟
                      input rst,                //寄存器复位
                      input[25:0]inst_field,    //指令数据域
                      .....
                      output[31:0]ALU_out,
                      output[31:0]Data_out,
                      output[31:0]PC_out
                      );

endmodule
```

# Course Outline





# CPU之控制器扩展设计

## -扩展实验六设计的CPU功能



# 设计工程：OExp07-ExtSCPU

## ◎扩展不少于下列指令

R-Type: add, sub, and, or, xor, nor, slt, srl\*, jr, jalr, eret;

I-Type: addi, andi, ori, xori, lui, lw, sw, beq, bne, slti

J-Type: J, Jal\*;

## ◎集成替换验证通过的新CPU

- ☞ 替换实验六(Exp06)中的SCPU模块

- ☞ 替换实验六(Exp06)中的SCPU\_ctrl模块

- ☞ 替换实验六(Exp06)中的Data\_Path模块

- ☞ 顶层模块沿用Exp05

  - ⊙ 模块名: Top\_OExp06\_ExtSCPU.sch

  - ⊙ 需要修改CPU逻辑符号

## ◎测试扩展后的CPU功能

- ☞ 设计测试程序(MIPS汇编)测试



# 设计要点

## ◎ 设计指令扩展后DataPath结构

- ㊦ 需要根据新的接口信号重新设计逻辑符号
- ㊦ 在实验五的原理图上扩展

## ◎ 根据新DataPath结构设计控制器

- ㊦ 需要根据新的接口信号重新设计逻辑符号
- ㊦ 建议用HDL结构化描述

## ◎ 设计CPU调用模块

- ㊦ 根据新的控制器和数据通路接口信号设计CPU模块
- ㊦ 重新设计CPU逻辑符号

## ◎ 仿真新设计的模块

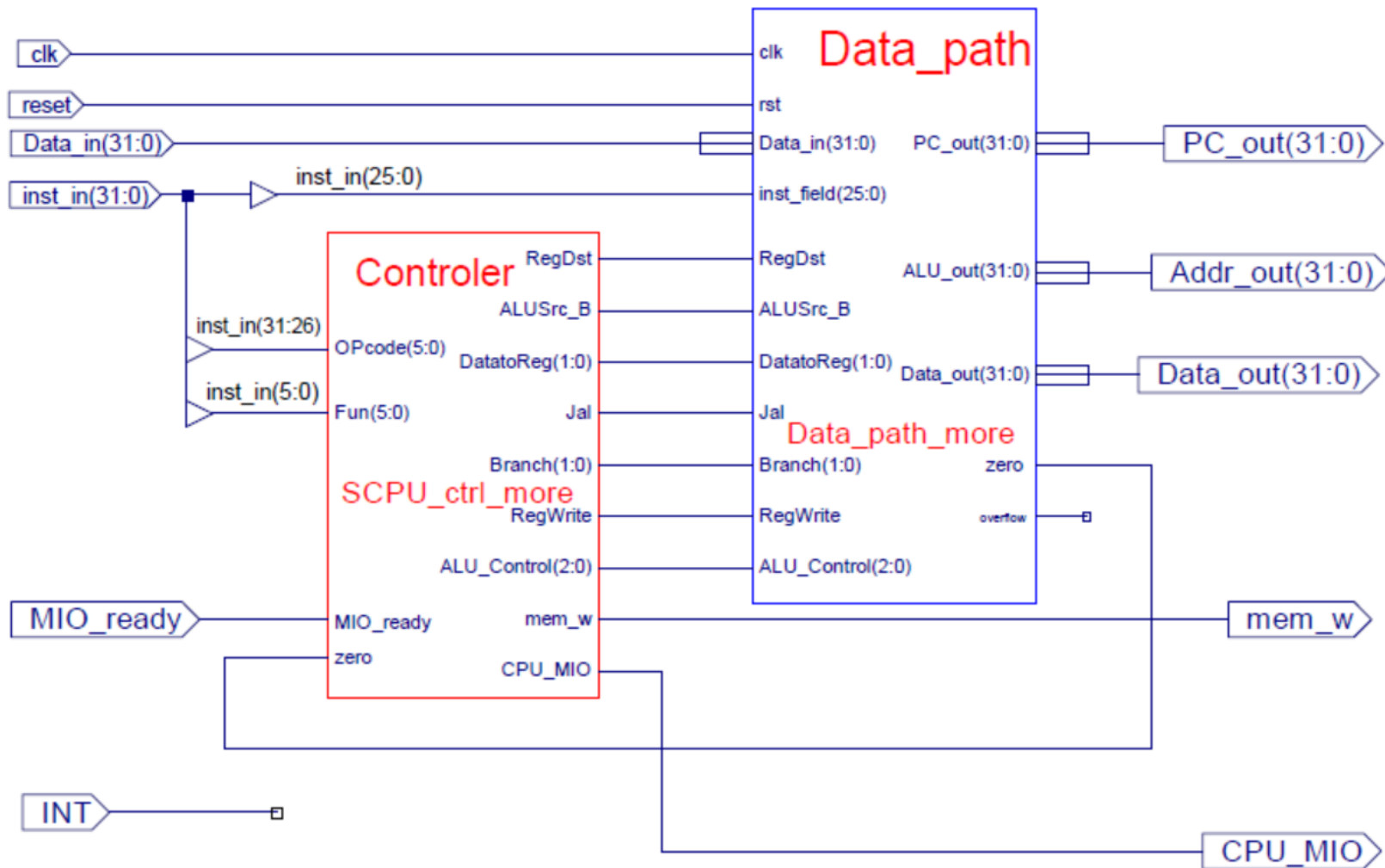
- ㊦ 独立仿真DataPath和控制器

## ◎ 集成替换CPU及子模块

- ㊦ 仿真正确后
  - ⊙ 集成替换CPU、数据通路和控制器模块

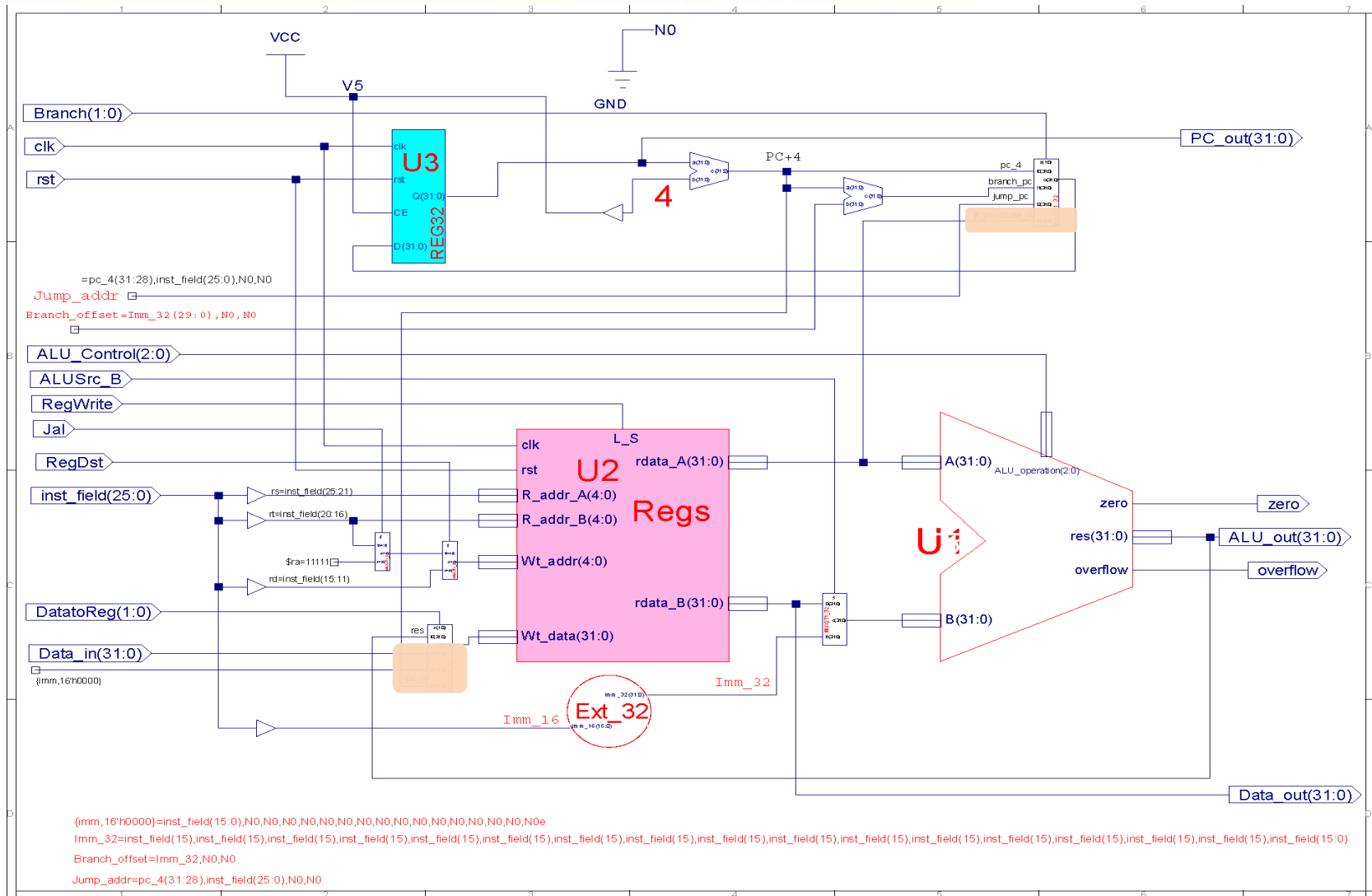


# 扩展指令后的CPU参考模块





# Datapath参考设计

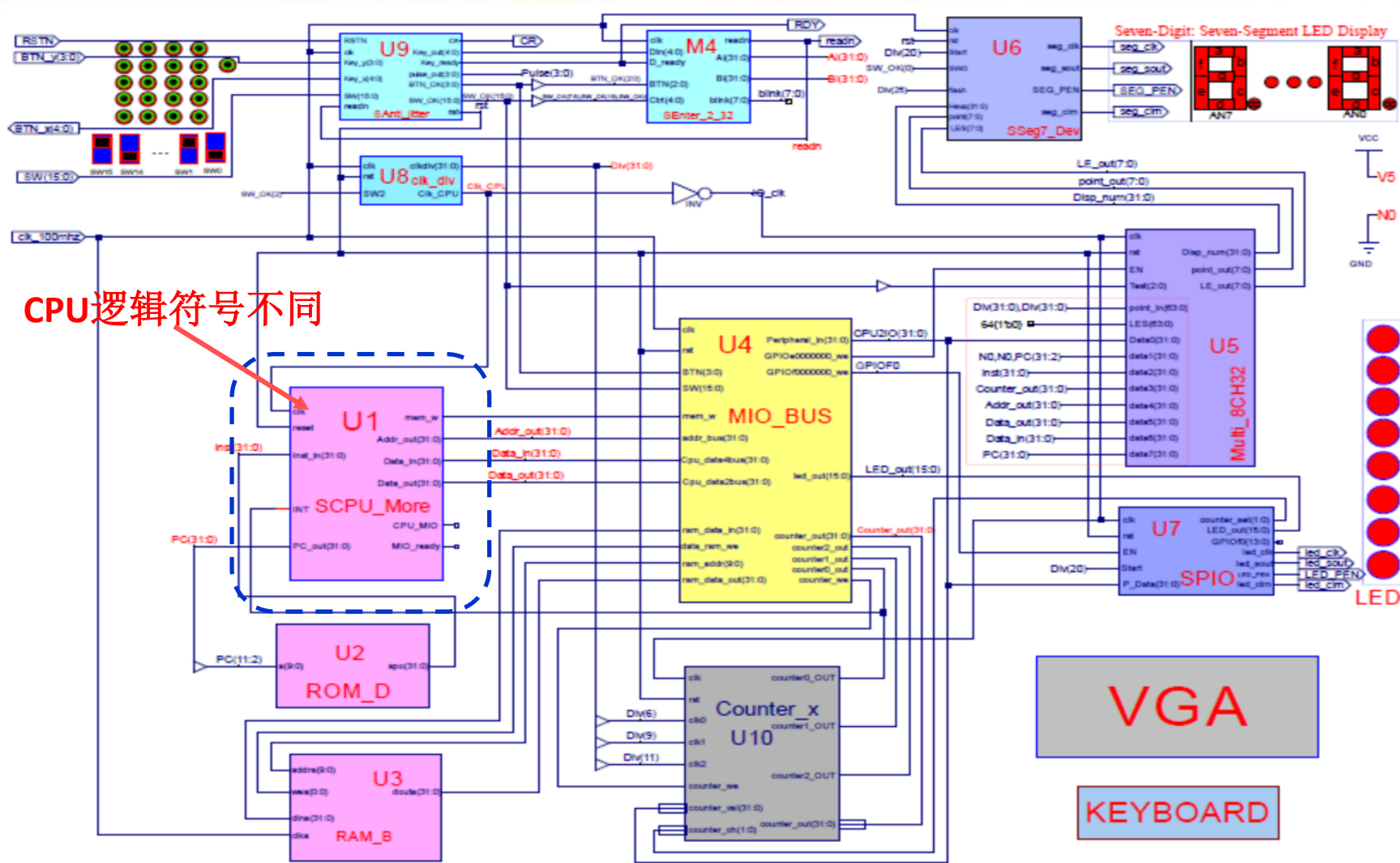




# 控制器描述参考结构

```
`define CPU_ctrl_signals
{RegDst,ALUSrc_B,MemtoReg,RegWrite,MemRead,MemWrite,Branch,Jump, ALU_Control, ...
.....}
assign mem_w = MemWrite&&(~MemRead);
always @* begin
    case(OPcode)
        6'b000000:                                     //ALU
            case(Fun)
                6'b100000: begin CPU_ctrl_signals = ?; end    //add
                6'b100010: begin CPU_ctrl_signals = ?; end    //sub
                .....
            default:    begin CPU_ctrl_signals = ?; end;
        endcase
        6'b100011: begin CPU_ctrl_signals = ?; end            //load
        6'b101011: begin CPU_ctrl_signals = ?; end            //store
        .....
    default:    begin CPU_ctrl_signals = ?; end
    endcase
end
```

# 实验七的顶层模块结构





# CPU调试与测试

## □ 调试

- SCPU\_ctrl\_more模块仿真
  - 设计测试激励代码仿真测试\*
- Data\_path\_more模块仿真
  - 设计测试激励代码仿真测试\*

## □ 集成替换

- 仿真正确后逐个替换Exp06的相应模块
- 使用DEMO程序目测控制器正常运行
  - DEMO程序与前面实验不一样
  - 也可自行设计

```
memory_initialization_radix=16;
memory_initialization_vector=
08000008, 00000020, 00000020, 00000020, 00000020, 00000020, 00000020, 00000020, 3c03f000,
3c04e000, 3c088000, 2014003f, 3c06f800, 00000827, 0001102a, 202affff, ac660004, 8c650000,
00a52820, 00a52820, ac650000, 21290001, ac890000, 8c0d0014, 8c650000, 00a52820, 00a52820,
ac650000, 8c650000, 00a85824, 21ad0001, 15a00001, 0c000037, 8c650000, 20120008, 0252b020,
02569020, 00b25824, 11600005, 11720009, 20120008, 1172000a, ac890000, 08000018, 15410002,
00005027, 014a5020, ac8a0000, 08000018, 8e290060, ac890000, 08000018, 8e290020, ac890000,
08000018, 8c0d0014, 014a5020, 354a0001, 22310004, 02348824, 01224820, 15210001, 21290005,
8c650000, 00a55820, 016b5820, ac6b0000, ac660004, 03e00008;
```



# 设计测试记录表格

---

- CPU指令测试结果记录
  - 自行设计记录表格



# 思考题

- 指令扩展时控制器用二级译码设计存在什么问题？
- 设计bne指令需要增加控制信号吗？
- 设计andi时需要增加新的数据通道吗？



● END