

# 计算机设计与实践

## 基于Trace的CPU功能验证

2022·夏

哈工大



HITSZ 实验与创新实践教育中心  
Education Center of Experiments and Innovations, HITSZ

# 实验目的

---

- ◆ 理解基于Trace的CPU功能验证方法的基本原理
- ◆ 掌握如何使用Trace验证方法



# 实验内容

---

- ◆ 为CPU添加Trace验证所需的调试信号
- ◆ 在虚拟机环境中运行Trace验证，并据此定位并修复错误



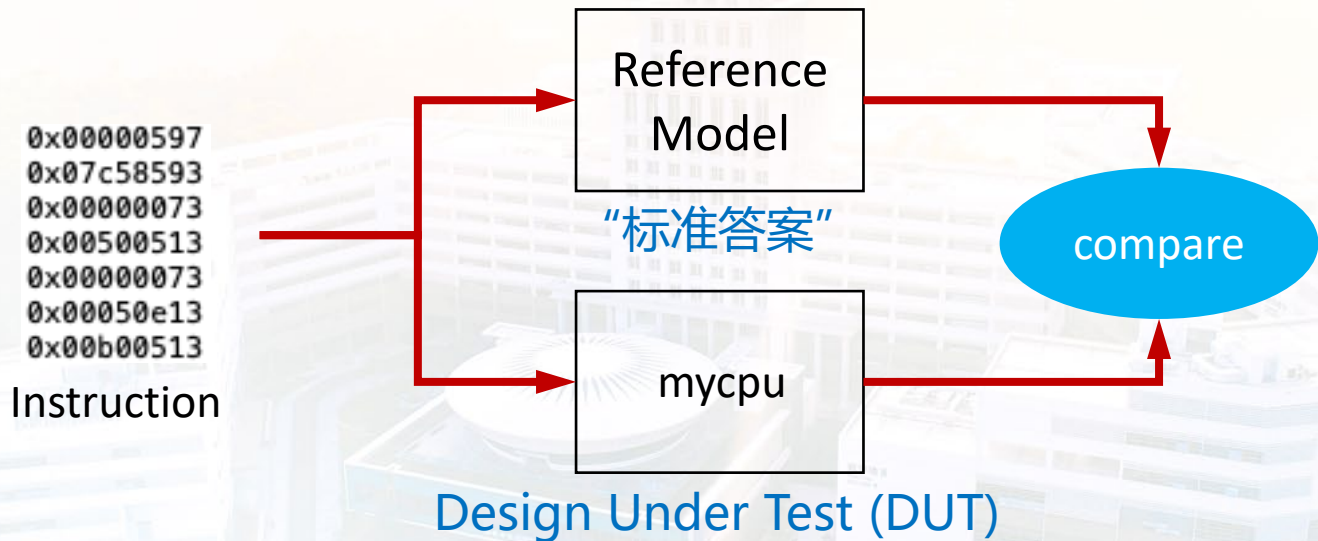
# Trace比对

- ◆ Trace: CPU执行指令序列时产生的信息 (PC、**写寄存器**的信息, etc)
- ◆ 基于Trace比对的验证方法:
  - ① 用已知功能正确的CPU运行测试程序, 记录Trace0 (Golden Trace)
  - ② 用待验证CPU运行测试程序, 产生Trace1
  - ③ 将Trace1与Trace0进行实时比对, 如果出现不同, 立即报错并停止
- ◆ 特殊情况:
  - ◆ Store指令 —— 后续相关的Load指令写入寄存器的值与GT比对



# Trace比对

- ◆ Trace比对的基本原理:



# Trace比对

## ◆ Trace-检查写寄存器:

CPU每个周期完成1条指令，但并不是每个周期都有指令到达WB阶段，因此检查写寄存器要在WB阶段有指令时进行

```
output      debug_wb_have_inst, // 此时刻，WB阶段有指令（对于单周期CPU，恒为1）
output [31: 0] debug_wb_pc,      // WB阶段的PC（如果wb_have_inst=0，此项可为任意值）
output      debug_wb_ena,        // WB阶段寄存器写使能（如果wb_have_inst=0，此项可为任意值）
output [4: 0] debug_wb_reg,      // WB阶段写入的寄存器（如果wb_ena=0 | wb_have_inst = 0，此项可为任意值）
output [31:0] debug_wb_value     // WB阶段写入寄存器的值（如果wb_ena=0 | wb_have_inst = 0，此项可为任意值）
```

have\_inst信号是表示CPU完成了一条指令，需要进行比对  
测试系统发现此信号拉高后，将触发一次Trace比对



# Trace比对 – 要求

## ◆ IROM/DRAM

存储部件	IROM	DRAM
模块名	inst_mem	data_mem
大小	32bit×65536	

**模块名和大小都不要写错，否则trace不过！**

## ◆ PC初始值：0x0000\_0000

- ◆ 复位后CPU执行的首条指令的地址是0x0000\_0000



# Trace比对 – 使用

## ◆ RTL集成

顶层文件top.v

```
//  
module top(  
    input        clk,  
    input        rst_n,  
    output        debug_wb_have_inst, // 此时  
    output [31: 0] debug_wb_pc,       // WB阶  
    output        debug_wb_ena,       // WB阶  
    output [4: 0]  debug_wb_reg,       // WB阶  
    output [31:0]  debug_wb_value     // WB阶  
);  
  
    // Your CPU and ROM/RAM here...  
  
    mini_rv u_mini_rv (  
        .clk            (clk),  
        .rst_n          (rst_n),  
        //连接inst_mem/data_mem  
        ...  
        //连接debug信号  
        .debug_wb_have_inst (debug_wb_have_inst),  
        .debug_wb_pc        (debug_wb_pc),  
        .debug_wb_ena        (debug_wb_ena),  
        .debug_wb_reg        (debug_wb_reg),  
        .debug_wb_value      (debug_wb_value)  
    );  
  
    inst_mem u_inst_mem (  
    );  
  
    data_mem u_data_mem (  
    );  
  
endmodule
```





# Trace比对 – 使用

- ◆ Trace使用

工具：VirtualBox虚拟机

加载继承了trace功能的镜像，在指定目录输入命令make即可

- ◆ 详细说明及镜像下载：<https://hitsz-cslab.gitee.io/cpu/trace/>





HITSZ 实验与创新实践教育中心  
Education Center of Experiments and Innovations, HITSZ