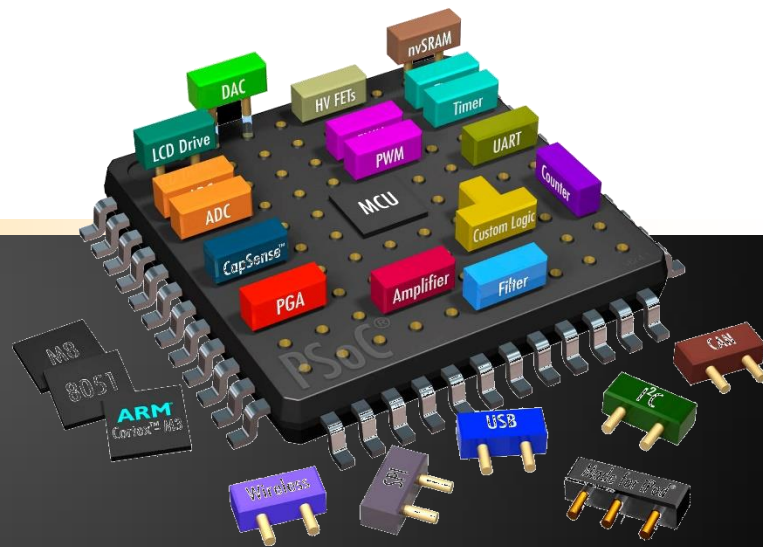


# 五段流水CPU设计

华中科技大学

谭志虎 2020-02



- 课程设计的总体时间为2周，具体安排如下：
  - 第1天：到实验室布置任务和集中讲解；
  - 第1~3天：查阅资料，小组合作完成单周期上板；
  - 第4天：中期检查，单周期上板验收检查（含CCMB测试）；
  - 阶段性成果随时检查（便于老师掌握进度）；
  - 第10天：最终结果验收（不延期检查）。
- 报告不得超过30页，第7周周一交报告
- 按班为单位提交电子版即可，具体规范见任务书

- 掌握MIPS 5段流水机制基本原理，能利用多门课程的专业知识解决五段流水CPU设计的复杂工程问题，提升复杂工程问题分析解决能力；
- 能处理 MIPS 指令流水线的各类冲突冒险，能利用 LOGSIM或FPGA平台完成最终的设计与实现，最终设计完成的流水CPU能执行标准测试程序，在此基础上，可进一步增加中断异常处理机制，动态分支预测等扩展功能。

- 利用FPGA开发板设计5段流水CPU
  - 支持27+4条教师指定的MIPS指令（每人一个4位代号CCMB）
  - 支持中断处理机制
  - 支持5段流水机制，可处理数据冒险，结构冒险，分支冒险
  - 扩展功能（中断机制，动态分支预测）
  - 能正确运行标准测试程序和自编测试程序（测试CCMB指令）
  - 具有自动统计功能
    - ◆ 运行周期数
    - ◆ 插入气泡数，Load Use冲突次数
    - ◆ 无条件跳转次数，有条件成功跳转次数
    - ◆ 分支预测成功，失败次数等（分支预测相关）

## ■ LOGISIM

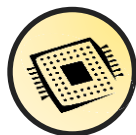
- Logisim进行方案论证
- 跑通流水线重定向机制

## ■ FPGA开发板

- 单周期上板（合作开发）
- 流水线上板（独立开发）
- 完成时序仿真后再开始领板子

# 课程设计路径及评分标准(百分制)

华中科技大学



## 单周期 FPGA 45分

将课程实验工作移植FPGA  
小组充分分工合作，代码共享  
FPGA平台 (2-3天)



## 理想流水线 50分

设计流水段间接口部件  
只能跑有限几条指令  
Logisim平台 (0.5-1天)



## 气泡流水线 60分

数据冲突检测，处理分支冲突  
插入气泡解决数据冲突  
Logisim平台 (1-2天)



## 重定向流水线 70分

重定向机制设计，  
控制器改造（自信心爆棚）  
Logisim平台 (1-2天)



## 单级中断支持 +8

设计单周期CPU中断硬件  
设计中断演示程序  
Logisim/FPGA (1-2天)



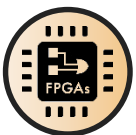
## 多级嵌套中断 +5/13

单周期多级嵌套中断机制  
软硬协同，配合精密  
Logisim/FPGA (+1天)



## 流水线中断 +5

流水线中断机制实现  
单级嵌套方案均可  
Logisim/FPGA平台 (+1天)



## 流水线上开发板 +12

重定向流水线  
FPGA实现  
抓狂，抓狂，抓狂 (2-3天)



## 扩展：分支预测 +10

动态分支预测机制  
相联存储器设计，LRU算法  
(Logisim2天 FPGA 1天)

## 扩展模块 任意组合

封顶105分



顺利通关

奋战一两周，造块CPU

调试两三晚，玩转开发板

虐我千百遍，搞定流水线

## ■ 单周期上板检查

- 能运行benchmark程序，周期数1546，内存数据排序正确
- FPGA开发板应绑定功能开关
  - ◆ 可切换显示区域功能
    - 程序显示，时钟周期统计，内存数据观察，其他运行参数
  - ◆ 可切换频率，可复位

## ■ 中断检查

- 主程序benchmark，中断服务程序---中断演示程序2.0
- 单级中断依次点击1,2,3号中断源按键，能正常响应中断
- 多重嵌套中断依次点击1,2,3号中断按键
  - ◆ 应先后进入1→2→3→2→1→CPU
- 多重嵌套中断依次点击2,3,1号中断按键
  - ◆ 应先后进入2→3→2→1→CPU



## ■ 理想流水线

- 能运行理想流水线测试程序
- 周期数21，内存数据写入正常

## ■ 气泡流水线

- 能正确运行benchmark+CCMB程序
- 能统计气泡数目，分支跳转次数
- 总周期数=1546+4+气泡数目+分支误取深度\*分支数-1

## ■ 重定向流水线

- 能正确运行benchmark程序
- 能统计Load-Use次数，分支数
- 总周期数=1546+4+分支误取深度\*分支数+load-Use次数
- 参考答案（1984，2298，3612），其他答案说明理由