# Lab1-RV31I实验指导和实验报告要求

* 用verilog实现RV32I **单周期CPU**。
* **实验工具：Vivado**
* **实验方式：Vivado自带的波形仿真**

### 设计要求：

1. 参考4\_ProjectDesignFiles 文件夹中提供的CPU模块图和0\_SingleCycleLab文件夹中对应的Verilog代码，思考每条指令的数据通路，详细写出每个待完成模块的设计思路，并思考如何用verilog简洁高效的表达这些逻辑电路。
2. 待实现指令：
   1. RISC-V 32bit 整型指令集（除去FENCE,FENCE.I,CSR,ECALL和EBREAK指令）
   2. 可参考官方提供的RISCV用户指令集手册（中文版或者英文版），本文件夹内提供了
   3. 也可以参考<https://www.cnblogs.com/mikewolf2002/p/9864652.html> （注意本网站有些错误，对于branch指令的功能描述不是很准确，auipc指令描述有问题，jalr是I型指令不是UJ型）
3. 设计原则：可以完全按照我们提供的CPU模块图，补全模块内部逻辑完成CPU设计；也可以根据你的个人理解对CPU模块图做出相应修改并在报告中提出你自己的改进方案并给出修改原因。

### 测试要求：

**PART1:**

1. 自己手写合适的测试用汇编代码，通过提供的工具生成.inst和.data文件，用于初始化指令和数据的Block Memory，或者直接手写二进制测试代码
2. 测试用的指令流中需要包含的指令包括SLLI、SRLI、SRAI、ADD、SUB、SLL、SLT、SLTU、XOR、SRL、SRA、OR、AND、ADDI、SLTI、SLTIU、XORI、ORI、ANDI、LUI、AUIPC
3. 测试例（汇编和对应的.inst .data）可以用其他同学提供的，但是需要自己知道对应的指令逻辑，需要在报告中能清楚表达这个测试例如何验证CPU功能正确，即正确运行后寄存器值应该是多少
4. CPU执行后，各寄存器值符合预期

**PART2:**

1. 自己手写合适的测试用汇编代码，通过提供的工具生成.inst和.data文件，用于初始化指令和数据的Block Memory，或者直接手写二进制测试代码
2. 测试用的指令流中需要包含的指令包括**JALR、LB、LH、LW、LBU、LHU、SB、SH、SW、BEQ、BNE、BLT、BLTU、BGE、BGEU、JAL**
3. 测试例（汇编和对应的.inst .data）可以用其他同学提供的，但是需要自己知道对应的指令逻辑，需要在报告中能清楚表达这个测试例如何验证CPU功能正确，即正确运行后寄存器值应该是多少
4. CPU执行后，各寄存器值符合预期

**PART3：**

1. 利用我们提供的修改过得RISCV test官方测试汇编代码，通过提供的工具生成.inst和.data文件，用于初始化指令和数据的Block Memory
2. CPU开始执行后3号寄存器的值会从2一直累增，该数字正在进行第多少项测试，执行结束后3号寄存器值变为1
3. CPU执行后，各寄存器值符合预期

注意：三部分为递进关系，建议大家按照顺序进行测试

### 实验报告：

* 实验目标：用verilog实现RV32I **单周期CPU**。
* 实验环境和工具：Vivado及其自带的波形仿真
* 实验内容和过程（总结自己所做的三个阶段工作）：
* 实验总结（说说踩的坑，总结收获，分析下自己花了多少时间，都用来做什么事情）
* 提出改进实验的意见

**实验总结是每位同学写自己的，其他部分同一个小组写一份，合并在一个报告里面即可，最后整个小组上交一份报告，报告最后写上分数分配。**

### 思考题：

请在报告中回答下述问题：

1. 为什么将DataMemory和InstructionMemory嵌入在段寄存器中？
2. DataMemory和InstructionMemory输入地址是字（32bit）地址，如何将访存地址转化为字地址输入进去？
3. 如何实现DataMemory的非字对齐的Load？
4. 如何实现DataMemory的非字对齐的Store？
5. 为什么RegFile的时钟要取反？
6. NPC\_Generator中对于不同跳转target的选择有没有优先级？

*有的，Jalr和Br的跳转地址在EX阶段被计算出来，Jal的地址在ID阶段被计算出来。*

*当有流水线时，相当于NPC模块收到的Jalr或Br在EX段，而Jal在ID段时，会先响应Jalr或Br，不再响应Jal。因为这相当于代码中Jalr或Br指令在Jal之前。*

*因此，优先级Jalr=Br>Jal*

1. ALU模块中，默认wire变量是有符号数还是无符号数？

*是无符号数*

1. AluSrc1E执行哪些指令时等于1’b1？

*在本实验中，只有执行AUIPC时会使ALuSrc1为1，其他为0，因为虽然分支和跳转命令也需要对PC进行加计算，但是在实际实现的框架中在顶层框架中直接与立即数相加。因此对真实的CPU，J，B-type的指令也应该经过ALU模块计算且取1.*

1. AluSrc2E执行哪些指令时等于2‘b01？

*执行SLLI、SRLI、SRAI时AluSrc2 == 2‘b01,因为这些立即数移位指令指令只使用立即值的低5位作为移位量(只能移位0-31位位置)，这五位的shamt码相当于R-type指令的rs2寄存器编号所在的位置，因此AluSrc2置为2‘b1选择shamt码的位宽为5的位置*

1. 哪条指令执行过程中会使得LoadNpcD==1？

*Jalr和Jal会使Load NPC==1。*

1. DataExt模块中，LoadedBytesSelect的意义是什么？

*LoadedBytesSelec等价于AluOutM[1:0]，是读Data Memory地址的低两位，因为DataMemory是按字（32bit）进行访问的，所以需要把字节地址转化为字地址传给DataMem。 DataMem一次返回一个字，低两位地址用来从32bit字中，定位LB、LH在这个字中的位置，本实验中通过移位的方式，将所需（双）字节移位到最低位，从而挑选出我们需要的字节。*