

# 任务

1. 指令系统与验证程序设计
2. 单周期设计
3. 基本流水线设计
4. 流水线冒险处理
5. 撰写设计报告

# Lecture01 指令系统

## 代表性指令集

数据运算类指令							
1	add	funct7	rs2	rs1	funct3	rd	opcode
		000 0000	rs2	rs1	000	rd	011 0011
		Reg[rd]=Reg[rs1]+Reg[rs2]; PC=PC+4					
2	addi	imm12		rs1	funct3	rd	opcode

		const		rs1	000	rd	001 0011
		Reg[rd]=Reg[rs1]+const; PC=PC+4					
3	sub	funct7	rs2	rs1	funct3	rd	opcode
		010 0000	rs2	rs1	000	rd	011 0011
		Reg[rd]=Reg[rs1]-Reg[rs2]; PC=PC+4					
4	and	funct7	rs2	rs1	funct3	rd	opcode
		000 0000	rs2	rs1	111	rd	011 0011
		Reg[rd]=Reg[rs1]&Reg[rs2]; PC=PC+4					

5	andi	imm12		rs1	funct3	rd	opcode
		const		rs1	111	rd	001 0011
		Reg[rd]=Reg[rs1]&const; PC=PC+4					
6	or	funct7	rs2	rs1	funct3	rd	opcode
		000 0000	rs2	rs1	110	rd	011 0011
		Reg[rd]=Reg[rs1]   Reg[rs2]; PC=PC+4					
7	ori	imm12		rs1	funct3	rd	opcode
		const		rs1	110	rd	001 0011

		Reg[rd]=Reg[rs1]   const; PC=PC+4					
8	xor	funct7	rs2	rs1	funct3	rd	opcode
		000 0000	rs2	rs1	100	rd	011 0011
		Reg[rd]=Reg[rs1] ^ Reg[rs2]; PC=PC+4					
9	xori	imm12		rs1	funct3	rd	opcode
		const		rs1	100	rd	001 0011
		Reg[rd]=Reg[rs1] ^ const; PC=PC+4					
10	sll	funct7	rs2	rs1	funct3	rd	opcode

		000 0000	rs2	rs1	001	rd	011 0011
		Reg[rd]=Reg[rs1]<<Reg[rs2]; PC=PC+4					
11	slli	funct6	imm6	rs1	funct3	rd	opcode
		00 0000	shamt	rs1	001	rd	001 0011
		Reg[rd]=Reg[rs1]<<shamt; PC=PC+4					
12	srl	funct7	rs2	rs1	funct3	rd	opcode
		000 0000	rs2	rs1	101	rd	011 0011
		Reg[rd]=Reg[rs1]>>Reg[rs2]; PC=PC+4					

13	srli	funct6	imm6	rs1	funct3	rd	opcode
		00 0000	shamt	rs1	101	rd	001 0011
		Reg[rd]=Reg[rs1]>>shamt; PC=PC+4					
数据传送类指令							
14	lui	imm20				rd	opcode
		const				rd	011 0111
		Reg[rd]=const<<12; PC=PC+4					
15	lw	imm12		rs1	funct3	rd	opcode

		offset		rs1	010	rd	000 0011
		Reg[rd]=Mem[Reg[rs1]+offset]; PC=PC+4					
16	sw	imm7	rs2	rs1	funct3	imm5	opcode
		offset	rs2	rs1	010	offset	010 0011
		Mem[Reg[rs1]+offset]=Reg[rs2]; PC=PC+4					
流程控制类指令							
17	blt	imm7	rs2	rs1	funct3	imm5	opcode
		offset	rs2	rs1	100	offset	110 0111



		If (Reg[rs1]<Reg[rs2]) PC=PC+offset; Else PC=PC+4					
18	beq	imm7	rs2	rs1	funct3	imm5	opcode
		offset	rs2	rs1	000	offset	110 0111
		If (Reg[rs1]==Reg[rs2]) PC=PC+offset; Else PC=PC+4					
19	jal	imm20				rd	opcode
		offset				rd	110 1111
		Reg[rd]=PC+4; PC=PC+offset					
20	jalr	imm12		rs1	funct3	rd	opcode

		offset	rs1	000	rd	110 0111
		Reg[rd]=PC+4; PC=Reg[rs1]+offset				

说明：为简单起见

(1) 用前面的序号（1-20）作为本次设计的 opcode。设计控制器时如果 opcode 超出此范围，一律视为**空操作指令 Nop**，控制信号取全零。

(2) funct 字段无效，可以全部取 0（也可以

用作常数部分，扩充常数的范围)。

(3) 地址、指令、数据、寄存器、存储字都为 32 位长。

(4) 指令存储器、数据存储器都采用字地址，偏移量 (offset) 都以字为单位。

# Lecture02 验证程序

1) 求和:  $1+2+3+\cdots+100=5050$  (单周期)

地址	汇编代码	机器代码	说明
0	Lui r1, 0	0000 008e	Funct 字段全部填 0, 下同
1	Lui r2, 0	Your turn!	
2	Addi r2, r2, 1	0011 0102	
3	Lui r3, 0		

4	Addi r3, r3, 101		
5	<b>On:</b> Add r1, r1, r2	0020 8081	
6	Addi r2, r2, 1		
7	<b>Blt r2, r3, on</b>	fe31 0f11	
8	Addi r31, r1, 0		通过 r31 输出
9	<b>Here:</b> Beq r0, r0, <b>here</b>	0000 0012	等待

2) 排序: 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1

(基本流水线)

地址	汇编代码	机器代码	说明
0	lui r1, 0		安排数据
1	Lui r2, 0		
2	Nop	0000 0000	
3	Nop		

4	Nop		
5	Addi r2, r2, 10		
6	Lui r3, 0		
7	Nop		
8	Nop		
9	Nop		
10	Addi r3, r3, 10		
11	On1: Sw r2, 0(r1)	0020 8010	

12	Addi r1, r1, 1		
13	Addi r2, r2, -1		
14	Nop		
15	Nop		
16	Blt r1, r3, on1		
17	Nop		
18	Nop		
19	Nop		



20	Lui r1, 0		
21	Nop		
22	Nop		
23	Nop		
24	Addi r1, r1, 9		冒泡法排序
25	Lui r30, 0		
26	Nop		
27	Nop		

28	Nop		
29	Outer: Beq r1, r30, exit1		
30	Nop		
31	Nop		
32	Nop		
33	Addi r2, r1, 0		内循环次数
34	Lui r3, 0		首地址
35	Nop		

36	Nop		
37	Inner: Beq r2, r30, exit2		
38	Nop		
39	Nop		
40	Nop		
41	Lw r4, 0(r3)	0001 820f	
42	Lw r5, 1(r3)		
43	Nop		

44	Nop		
45	Nop		
46	Blt r4, r5, skip		
47	Nop		
48	Nop		
49	Nop		
50	Sw r4, 1(r3)		
51	Sw r5, 0(r3)		

52	Skip: Addi r3, r3, 1		
53	Addi r2, r2, -1		
54	Beq r0, r0, inner		
55	Nop		
56	Nop		
57	Nop		
58	Exit2: Addi r1, r1, -1		
59	Beq r0, r0, outer		

60	Nop		
61	Nop		
62	Nop		
63	Exit1: Lui r1, 0		输出结果
64	Lui r2, 0		
65	Nop		
66	Nop		
67	Nop		

68	Addi r2, r2, 10		
69	On2: Lw r31, 0(r1)		
70	Addi r1, r1, 1		
71	Nop		
72	Nop		
73	Nop		
74	Blt r1, r2, on2		
75	Nop		

76	Nop		
77	Nop		
78	Here: Beq r0, r0, here		等待
79	Nop		
80	Nop		
81	Nop		



3) 递归: fib(8): 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21

(冒险处理后的流水线)

地址	汇编代码	机器代码	说明
0	Main: Lui r30, 0		r30 堆栈指针
1	Lui r1, 0		
2	Addi r1, r1, 8		r1 入口参数
3	Jal r2, fib	0000 3113	r2 返回地址

4	Addi r31, r3, 0		r3 出口参数
5	Here: Beq r0, r0, here		等待
6	Fib: Lui r3, 0		
7	Addi r3, r3, 1		
8	Lui r4, 0		
9	Addi r4, r4, 3		
10	Blt r1, r4, ret		
11	Sw r2, 0(r30)		备份 r2

12	Addi r30, r30, 1		
13	Addi r1, r1, -1		
14	Sw r1, 0(r30)		备份 r1
15	Addi r30, r30, 1		
16	Jal r2, fib		
17	Addi r30, r30, -1		恢复 r1
18	Lw r1, 0(r30)		
19	Sw r3, 0(r30)		备份 r3

20	Addi r30, r30, 1		
21	Addi r1, r1, -1		
22	Jal r2, fib		
23	Addi r30, r30, -1		恢复 r3 到 r5
24	Lw r5, 0(r30)		
25	Add r3, r3, r5		
26	Addi r30, r30, -1		恢复 r2
27	Lw r2, 0(r30)		

28	<b>Ret:</b> Jalr r0, 0(r2)	0001 0014	
----	----------------------------	-----------	--