

武汉大学计算机学院
2021-2022 学年第二学期 2020 级弘毅班
《计算机系统基础 2》期末考试试卷 (A 卷)

姓名_____ 学号_____

(注: ①闭卷考试; ②考试时间为 120 分钟; ③所有解答必须写在答题纸上。)

学号_____ 班级_____ 姓名_____ 成绩_____

注意: 所有答题内容必须写在答题纸上, 凡写在试题或草稿纸上的一律无效。

本考试使用的 RISC-V 核心指令格式如下:

| | 31 | 27 | 26 | 25 | 24 | 20 | 19 | 15 | 14 | 12 | 11 | 7 | 6 | 0 |
|----|-----------------------|----|----|----|-----|----|-----|----|--------|----|-------------|---|--------|---|
| R | funct7 | | | | rs2 | | rs1 | | funct3 | | rd | | opcode | |
| I | imm[11:0] | | | | | | rs1 | | funct3 | | rd | | opcode | |
| S | imm[11:5] | | | | rs2 | | rs1 | | funct3 | | imm[4:0] | | opcode | |
| SB | imm[12 10:5] | | | | rs2 | | rs1 | | funct3 | | imm[4:1 11] | | opcode | |
| U | imm[31:12] | | | | | | | | | | rd | | opcode | |
| UJ | imm[20 10:1 11 19:12] | | | | | | | | | | rd | | opcode | |

一、单项选择题 (每小题 2 分, 共 20 分)

- 汽车制造中的组装生产线与下列计算机领域中的重要思想()匹配。
 - 加速大概率事件
 - 采用并行提高性能
 - 采用流水线提高性能
 - 采用预测提高性能
- 计算机体系结构中的 8 个伟大思想, 除了“面向摩尔定律的设计”、“使用抽象简化设计”、“通过并行提高性能”、“通过流水线提高性能”、“通过预测提高性能”、“层次化的存储器设计”, 还包括: ()
 - “通过接口提高可用性”、“加速大概率事件”
 - “通过冗余提高可靠性”、“加速大概率事件”
 - “通过接口提高可用性”、“指令集精简化”
 - “通过冗余提高可靠性”、“指令集精简化”
- 一个 C 语言程序在一台 32 位机器上运行。程序中定义了三个变量 xyz, 其中 x 和 z 是 int 型, y 为 short 型。当 x=127, y=-9 时, 执行赋值语句 z=x+y 后, xyz 的值分别是 ()。
 - X=0000007FH, y=FFF9H, z=00000076H
 - X=0000007FH, y=FFF9H, z=FFFF0076H
 - X=0000007FH, y=FFF7H, z=FFFF0076H

D. X=0000007FH, y=FFF7H, z=00000076H

- 4、指令 beq 所在的地址为 0x0000 0000 0008 0024, 转移目标地址为 0x0000 0000 0008 0010, 则此指令中立即数的十六进制表示为 ()。

A. 0xFE8 B. 0xFEC C. 0xFF6 D. 0xFF3

- 5、有些指令集中有 jr 指令, 它以一个寄存器作为参数, 无条件跳转到寄存器内容给出的内存地址。RISC-V 没有这条指令, 但是可以用一条 () 指令实现等价的功能。

A. beq B. jalr C. jal D. j

- 6、考虑一个循环, 在程序中会被调用多次。每次执行时, 循环结束时的分支指令会发生 9 次跳转到循环开始, 之后产生 1 次不跳转。采用 1 位预测机制和采用 2 位预测机制的准确率分别是 ()。

A. 88.89%和 100% B. 80%和 90%
C. 88.89%和 88.89% D. 80%和 100%

- 7、有一个五级流水线的处理器设计, 每一级的延迟分别为: 450ps, 650ps, 450ps, 450ps, 450ps。其中包含流水线寄存器延迟 50ps。如果将第二级 (650ps) 均匀拆分为两级, 从而形成六级流水线。那新处理器的主频应该是: ()

A. 450ps B. 3.07GHz C. 2.22GHz D. 325ps

- 8、在一个没有旁路 (前递/forwarding) 和冒险检测的五阶段流水线中, 寄存器在前半个周期写, 后半个周期读。如果想正确运行如下代码, 至少需要插入 () 条 NOP 指令。

```
addi x11, x1, 5
ld x12, 0(x2)
add x13, x11, x12
addi x14, x12, 15
add x15, x13, x11
```

A. 2 B. 3 C. 4 D. 5

- 9、假定一个磁盘的转速为 7200RPM, 磁盘的平均寻道时间为 8ms, 内部数据传输率为 4MB/s, 不考虑排队等待时间, 则读一个 512B 扇区的平均时间大约为 ()。

A. 12.16ms B. 12.29ms C. 16.32ms D. 16.46ms

- 10、假定主存地址为 32 位, 按字节编址, 主存和 Cache 之间采用直接映射方式, 主存块大小为 4 个字, 每字 32 位, 采用回写(write back)方式, 则能存放 4K 字数据的 Cache 的总容量的位数至少是 ()。

A. 146K B. 147K C. 148K D. 158K

二、性能计算（每小题 5 分，共 10 分）

假设对某应用程序中的四类操作进行改进，比较改进前后的性能，获得如下数据：

| 操作类型 | 程序中的数量（百万条指令） | 改进前执行时间（周期数） | 改进后执行时间（周期数） |
|------|---------------|--------------|--------------|
| A | 10 | 2 | 1 |
| B | 30 | 20 | 15 |
| C | 35 | 10 | 3 |
| D | 15 | 4 | 1 |

（1）各类操作单独改进后，程序获得的加速比分别是多少？由此可得出什么结论？

（2）全部操作都改进后，程序获得的加速比是多少？

三、指令系统（共 15 分）

有如下 C 语言程序，假设 leaf 的函数声明是 `int leaf (int a, int b)`。函数 function 的代码如下：

```
int function ( int a, int b, int c, int d )
```

```
return leaf( leaf(a,b), c+d );
```

（1）（每空 1 分，共 8 分）下面的代码是其对应的 RISC_V 汇编语言程序，x2 是栈指针寄存器，将其中的空填写完整。提示：栈指针必须保持 16 位对齐。

function:

```
addi x2, x2, -16
sd x1, 0(x2)
add x5, ( ), x13
sd x5, ( )
jal x1, ( )
ld x11, ( )
jal x1, ( )
ld x1, ( )
addi x2, x2, ( )
( ) x0, x1
```

（2）（7 分）对上述代码中的每个函数调用，写出函数调用后栈的内容。假设栈指针最初位于地址 0x7ffffc。

四、运算器（10 分）

假设有一个虚构的 8 位浮点数标准，称为“minifloat”（如：S E EEMMMM，其中符号字段 1 位，指数字段 3 位，尾数字段 4 位），其它属性和 IEEE754 标准一样（如：偏阶，非规格化数值， ∞ ，NaNs，等等）。

- (1) 请问偏阶是多少？在[1, 4)范围内有多少个 minifloat？（4分）
- (2) 请写出大于 1 的最小 minifloat 数，用十进制数表示。（3分）
- (3) 用一条 RISC_V 整数运算指令实现 times2，假设 f（上面粗体显示）最左边的“E”位为 0。（3分）

minifloat times2 (minifloat f) { return f * 2.0; }

times2: _____ a0, a0, _____ ##假设 f 存在寄存器 a0 最低字节

jalr x0, 0 (x1)

五、CPU（25 分）

1、（共 15 分）单周期 CPU 数据通路如下图所示。

指令：ld x9, 8(x22)

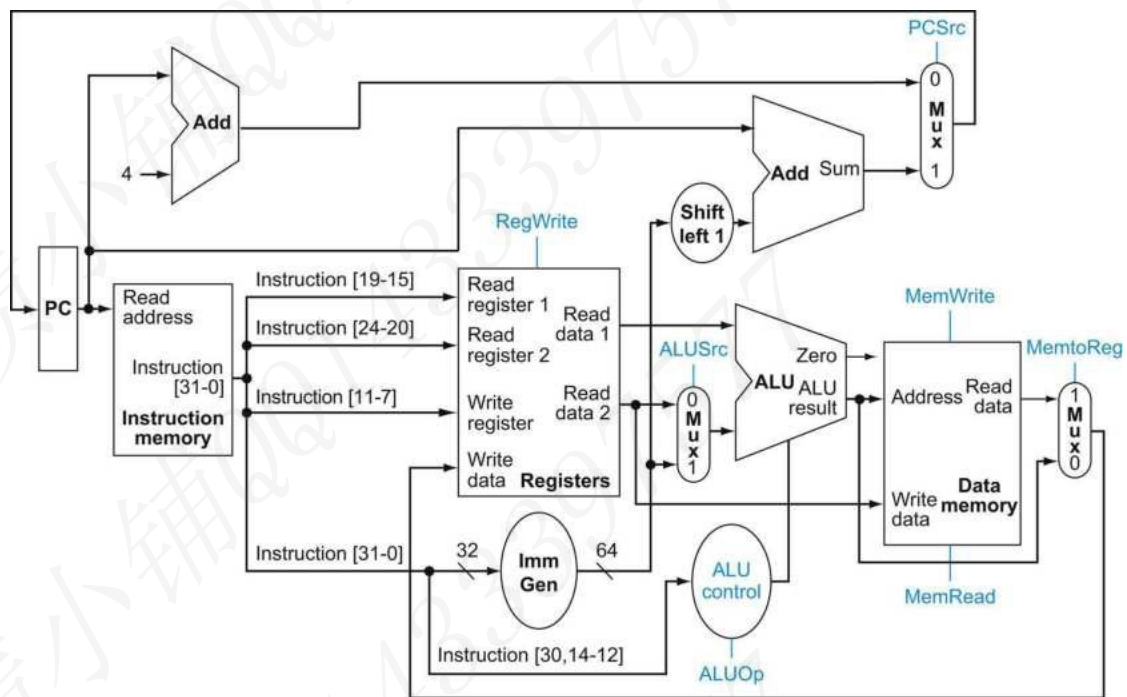
- (1) 对上述指令而言，图中的控制信号值分别是什么？（ALUOp 给出 ALU 要做的运算即可）（7 分）

| RegWrite | ALUSrc | ALUOp | PCSrc | MemWrite | MemRead | MemtoReg |
|----------|--------|-------|-------|----------|---------|----------|
| | | | | | | |

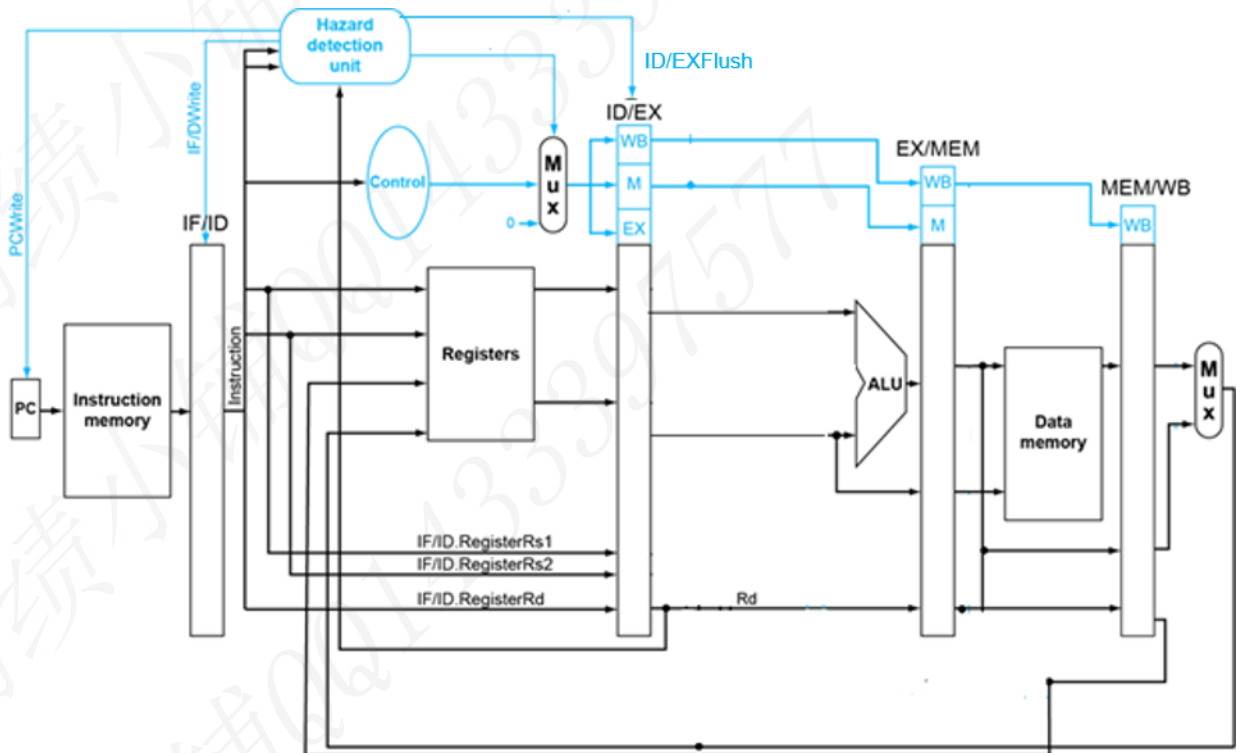
- (2) 对上述指令而言，下述数据线上的值为多少？ld 指令的 opcode 为 0x03，funct3 为 0x3。（6 分）（注意：所有结果均以 16 进制形式给出。）

| | |
|-----------------|--|
| 寄存器 1 号读地址输入 | |
| 寄存器 2 号读地址输入 | |
| 寄存器写地址输入 | |
| 寄存器写数据输入 | |
| ImmGen 的输入 | |
| ALU control 的输入 | |

- (3) 哪个（些）功能单元会产生输出，但不会被实际用到？（2 分）



2、(共 10 分) 在 RISC_V 五级流水线上, 不增加任何旁路, 单纯通过阻塞消除数据冒险时, 阻塞单元可以安排在 ID 级, 用于检测当前指令与上条指令以及当前指令与上上条指令之间的数据冒险并根据需要阻塞流水线。



阻塞单元的输入信号包括 IF/ID.Rs1、IF/ID.Rs2、ID/EX.RegWrite、ID/EX.Rd、EX/MEM.RegWrite、EX/MEM.Rd, 输出信号包括 IF/IDWrite、PCWrite、ID/EXFlush。

在增加了阻塞单元的流水线上执行如下指令序列：

```
nop
nop
lw x10, 0(x10)
addi x10, x11, -4
add x12, x12, x10
```

从取第一条指令开始计时，请在下面的表格中填写各时钟周期阻塞单元的输入输出信号状态值：（注意：寄存器写寄存器号，控制信号写状态值）

| 时钟周期 | Clk4 | Clk5 | Clk6 | Clk7 | Clk8 |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| IF/ID.Rs1 | | | | | |
| IF/ID.Rs2 | | | | | |
| ID/EX.RegWrite | | | | | |
| ID/EX.Rd | | | | | |
| EX/MEM.RegWrite | | | | | |
| EX/MEM.Rd | | | | | |
| IF/IDWrite | | | | | |
| PCWrite | | | | | |
| ID/EXFlush | | | | | |

六、存储系统（20 分）

1、(10 分) 假定主存地址为 32 位，按字节编址，指令 Cache 和数据 Cache 与主存之间均采用 8 路组相联映射方式，直写(Write Through)写策略和 LRU 替换算法，主存块大小为 64B,数据区容量各为 32KB。开始时 Cache 均为空。请回答下列问题。

(1) Cache 每一行中标记 (Tag)、LRU 位各占几位?是否有修改位? (3 分)

(2) 有如下 C 语言程序段:

```
for (k= 0; k<1024 ; k++)
```

```
    s [k]=2*s [k];
```

若数组 s 及其变量 k 均为 int 型，int 型数据占 4B，变量 k 分配在寄存器中，数组 s 在主存中的起始地址为 0080 00C0H，则该程序段执行过程中，访问数组 s 的数据 Cache 缺失次数为多少? (4 分)

(3) 若 CPU 最先开始的访问操作是读取主存单元 0001 0003H 中的指令，简要说明从 Cache 中访问该指令的过程，包括 Cache 缺失处理过程。(3 分)

2、(10 分) 假设计算机 M 的主存地址为 24 位，按字节编址；采用分页存储管理方式，虚拟地址为 32 位，页大小为 4KB；TLB 采用 2 路组相联方式和 LRU 替换策略，共 8 组。

请回答下列问题。

(1) 假设 TLB 初始时空，访问虚页号依次为 10、12、16、7、26、4、12 和 20，在此过程中，哪一个虚页号对应的 TLB 表项被替换？说明理由。(4 分)

(2) 在该机器上运行一道程序，采用单级页表，部分页表如下表，请将下列虚拟地址转换成物理地址，写出计算过程，所有数字均为十进制，每项的起始编号是 0。(6 分)

虚拟地址：0793,9048, 12862。

| 有效位 | 虚拟页号 | 物理页号 | ... |
|-----|------|------|-----|
| 1 | 0 | 1 | ... |
| 1 | 1 | 3 | ... |
| 0 | 2 | - | ... |
| 1 | 3 | 0 | ... |
| 1 | 4 | 2 | ... |
| 0 | 5 | - | ... |