

# 2013-2014 年度硕士研究生《高级计算机系统结构》考试题

学号: M20137273

姓名: 杨洁勇

**考试注意事项:** (1) 考试卷上不答题, 答题写在答题本上, 在左侧写清答题题目编号;

(2) 答题本封面信息填写准确、清晰; (3) 考试卷上填上学号和姓名; (4) 考试卷、草稿纸和答题本一并上交; (5) 答题次序尽量按照出题次序, 不要在题间留空页, 如果乱序答题必须清晰注明; (6) 考试时不做答疑。

## 一、选择题 (只能选择一个答案, 每题 3 分, 共 24 分):

1. 对于 CMOS 芯片的动态功率和电压的关系为:

- (a) 没有关系; (b) 功率和电压成正比; (c) 功率和电压平方成正比; (d) 功率和电压三次方成正比

2. 从汇编语言程序员的角度看, 下列哪种结构是不透明的:

- (a) 二级 cache; (b) 指令寄存器; (c) 流水段寄存器组; (d) 分支历史表

2. 某计算机采用了超标量流水技术, 若已知该机采用了四条流水线, 其机器超流水线周期为  $1/2$ , 如果主频为 200MHz, 请问在最理想的情况下, 机器可能达到的 MIPS 是多少?

- (a) 400MIPS (b) 800MIPS (c) 1200 MIPS (d) 1600 MIPS

3. 为了使高速缓存 (cache) 的失效开销 (miss penalty) 减小, 下列四种方法中有效的一种是:

- (a) 关键字优先; (b) 增加 cache 的总容量;  
(c) 小和简单的 cache; (d) 使用更高的组相联度;

4. 下述流水线结构能够保证精确异常处理的是:

- (a) 标准 5 段流水线; (b) Tomasulo 结构;  
(c) Scoreboard+Renaming Table; (d) Scoreboard 结构

5. 某种计算机用一条指令就可以完成  $(a_1, a_2, \dots, a_n) * (b_1, b_2, \dots, b_n)$  运算, 这种计算机属于下面那种类型?

- (a) SMP; (b) DSM; (c) SIMD; (d) Cluster

6. 下面不属于硬件同步操作的是:

- (a) atomic exchange; (b) fetch-and-increment; (c) load linked/store conditional; (d) spin

lock.

7. 随机从物理存储设备上读取 16 字节数据的响应时间小于 1 毫秒, 其存储介质可能是:

- (a) NAND 闪存固态硬盘; (b) 硬盘; (c) 光盘; (d) 磁带

8. 一台由 8 个磁盘构成的磁盘阵列, 其冗余校验信息仅在一个磁盘中, 所属的 RAID 级别

是:

- (a) RAID0; (b) RAID1; (c) RAID4; (d) RAID5;

## 二、问答题 (12 分)

- (6 分) 现实中使用多处理器很难实现对于应用程序性能的线性加速, 请给出两个最大的限制因素, 并说明原因。
- (6 分) 请列举三类产生 cache 缺失的类型, 简述其内容?

## 三、计算题 (36 分)

- 1 (9 分) 下表列举多种计算部件的特性包括性能和功耗。请计算:

Component type	Produce	Performance	Idle Power (W)	Peak Power (W)
处理器	Intel Core i7-3960	3.3GHz	40	150
内存	DDR3 4GB	PC3-14900 (CAS 8-9-8-24)	5	10
SSD	Crucial m4 256GB SATA	1000IOPS	5	10
主板	ASUS P5K SE/EPU	Intel P35 + ICH9 Chipset	35	50

- 使用上述部件构建计算机系统, 内存使用 4 个 4GB 内存, 存储系统使用 4 个 SSD 硬盘, 请计算该服务器空闲功耗和峰值功率是多少?
- 某 1 小时内处理器 50% 的时间空闲, 处理器的实际能耗是多少?
- 上述计算机系统在 1 小时内, 处理器 80% 时间空闲, 内存 50% 时间空闲, SSD 硬盘 100% 时间繁忙, 请问该计算机平均功率是多少?

2. (9 分) 某处理器采用两位基于全局分支历史预测器 PR, 其预测状态变化如右图所示。处理器执行下述程序段, R1 和 R2 的初始值分别为 4 和 2, 两个代码段中省略部分代码都不会对 R1 和 R2 的值进行修改。预测器 PR 的初始值为 (10)。

Project1: {

SUBI R1, 1+, R1

...

}

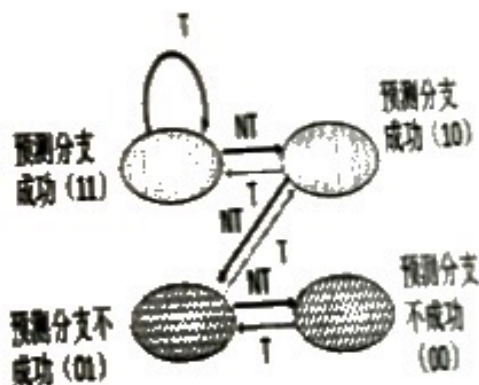
X1: BNEQ Project1

Project2: {

SUBI R2, 1+, R2

...

}



X2: BNEQ Project2

A10 C6 E14  
B11 D13 F15

X3:

请计算下述情况下, PR 的值, 预测和实际执行分支的情况, 并填写下表, 假设代码段 Project1 和 Project2 中没有分支语句, 并且不会修改 R1 和 R2 的值。

执行状态	预测器 PR 值	预测	实际	预测是否成功
Project1: R1=4 R2=2	10	N/A	N/A	N/A
X1: R1=3 R2=2	10	成功	成功	是
X1: R1=2 R2=2	11	成功	成功	是
X1: R1=1 R2=2	11	成功	成功	是
X1: R1=0 R2=2	11	成功	失败	否
X2: R1=0 R2=1	10	成功	成功	是
X2: R1=0 R2=0	11	成功	失败	否
X3: R1=0 R2=0	1	N/A	N/A	N/A

3. (9 分) 某一 64 位处理器, 虚拟地址为 48 位, 物理地址 40 位, 二级 cache 和内存交换单位为块, 二级 cache 使用 16 路组相联, 每个块大小为 256 字节, cache 容量为 4MBytes.:

- (1) 请画出二级 cache 的地址格式, 标明块内偏移地址、组号和标签位置;
- (2) 请给出 TLB 中一个表项的虚页号和物理页号位数;
- (3) 请计算内存地址 DFEA DC4865 (16 进制) 在二级 cache 中可能的位置块号 (给出详细计算过程);

4. (9 分) 某服务器的使用 PCIe 连接 5 个 SATA 控制器和 5 个 SSD 固态硬盘, 5 个盘构成 RAID5 模式, SATA 控制器通过 SATA 总线 (带宽为 6Gbps) 将每个请求发送到固态硬盘接口, 然后将数据写到固态硬盘上, 在执行单个请求过程中不响应其它请求, 假设 PCIe 和 SATA 控制器总开销为 0.1ms, 数据块到达所有固态硬盘的时间差为 0.1ms, SSD 固态硬盘读带宽为 200MB/s, 写带宽为 100MB/s, 初始时固态硬盘为空盘, CPU 向存储子系统每秒发出 50 个 1MB 的顺序写请求, 采用同步 I/O, 达到 PCIe 控制器的 I/O 请求呈泊松分布。

- (1) 计算存储子系统对于 1MB 写请求的服务时间。
- (2) 存储子系统每秒最多可以处理多少个 1MB 的写请求?
- (3) 计算 I/O 请求的排队时间。

## 四、分析题 (28 分)

1. (14 分) 下述代码是一个 SAXPY 核心模块, 使得向量 X 扩展 A 倍, 并加到向量 Y 上, 在一个单发射, 顺序执行的超长指令字处理器上运行改程序。

C 代码:

```
For (i=0; i<N; i++)
```

```
Y(i) = Y(i) + A * X[i]
```

汇编代码:

```
l1 Loop: ld r0, 0(r1)
l2      fmul f2, r0, f1
l3      ld r3, 0(r2)
l4      fadd f4, f2, f3
l5      st f4, 0(r2)
```

```

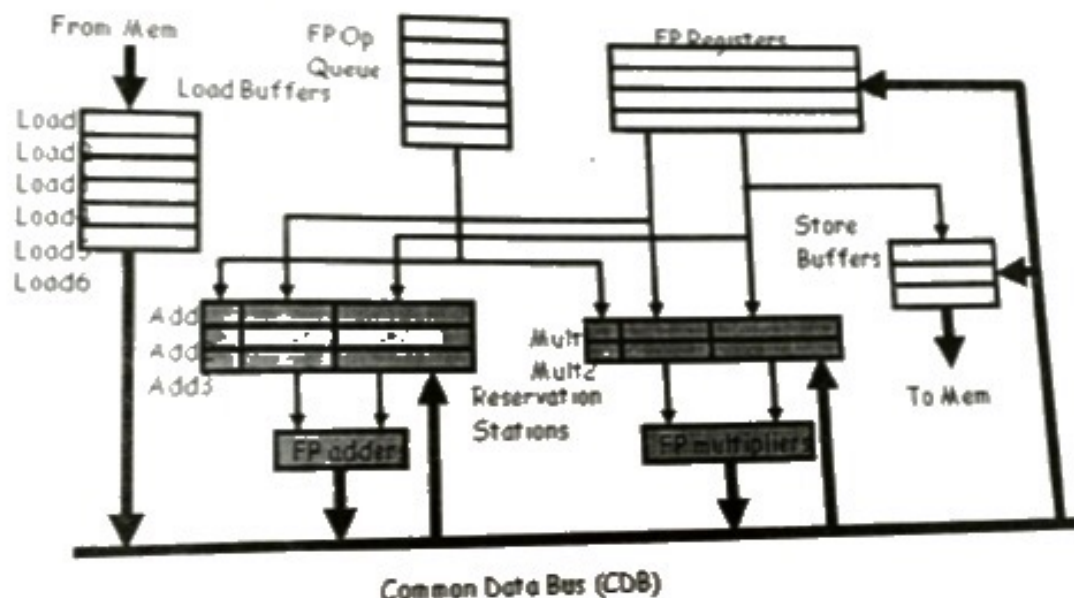
l6      addi r1, r1, 4
l7      addi r2, r2, 4
l8      bne  r1, r3,
        loop

```

假设具有完美的分支预测和旁路，ALU 操作需要 1 个时钟的延迟，load 需要 3 个时钟的延迟，浮点操作有 4 个时钟的延迟，但是可以旁路到后续 store 指令，减少 1 个周期的延迟。

- (1) 请问上述每次循环需要停顿几个时钟，并在每个指令旁标出停顿时间。
- (2) 重新调度代码减少停顿周期，不考虑软件流水和循环展开。

2. (14 分) 在下面 Tomasulo 结构上执行指令，分别计算每条指令写结果阶段的时间（时钟周期数），并画出相应的时空图。R1, R2, R3 和 F10 具有初值。其中 BNZ, DADDIU, LD 和 SD 的执行过程花费为 1 时钟周期，而 SUB.D/ADD.D 的为 2 个时钟周期，MULT.D 的为 5 个周期，而 DIV.D 的为 10 时钟周期。



```

LD      F1, 0(R1) 1
LD      F2, 0(R2) 1
ADD.D   F3, F1, F2 2
DIV.D   F4, F1, F2 10
MULT.D  F5, F3, F10 5
SUB.D   F6, F4, F10 2
S.D     F5, 0(R1) 1
S.D     F6, 0(R2) 1
DADDIU  R1, R1, #8 1
DADDIU  R2, R2, #8 1
BNZ     R1, R3, Loop 1

```



二、

1.

第一个限制因素源于程序中有限的可用并行。多处理器只能对程序中可并行的部分加速，为实现线性加速比，要求程序整个可以并行，没有串行部分，这是难以达到的。

第二个限制因素源于并行处理器进行远程访问带来的长时延迟。多处理器之间的通信会造成额外的延迟，并影响整体的加速比。

2. 强制缺失。在第一次访问某个块时，它不可能在缓存中，所以必须将其读入缓存中。

容量缺失。如果缓存无法容纳程序执行期间所需的全部块，由于一些块会被放弃，过后再另行提取，所以会缺失。

冲突缺失。如果缓存组织<sup>最</sup>为直接映射，则当两个块被映射到一个组中，则会导致组中某些块被放弃，从而在下一次需要被访问时产生缺失。

三、

1. (1) 空闲功耗 =  $40W + 5W \times 4 + 5W \times 4 + 35W = 115W$

峰值功率 =  $150W + 10W \times 4 + 10W \times 4 + 50W = 280W$

(2) 空闲能耗 =  $40W \times 0.5 \times 60 \times 60s + 150W \times 0.5 \times 60 \times 60s = 342000J$

(3) 平均功率 =  $40W \times 80\% + 150W \times 20\%$

+  $5W \times 4 \times 50\% + 10W \times 4 \times 50\%$

+  $10W \times 4$

+  $50W$

=  $182W$

题号

回 答 内 容

得分

2.

输入状态	预测器 R 值	预测	实际	预测是否成功
Project 1: R1=4 R2=2	(10)	N/A	N/A	N/A
X1: R1=3 R2=2	10	失败成功	失败成功	成功
X1: R1=2 R2=2	11	失败成功	失败成功	成功
X1: R1=1 R2=2	11	失败成功	失败成功	成功
X1: R1=0 R2=2	11	失败成功	失败失败	失败
X2: R1=0 R2=1	10	失败成功	失败成功	成功
X2: R1=0 R2=0	11	失败成功	失败失败	失败
X3: R1=0 R2=0	10	N/A	N/A	N/A

3.

标签 (20位)	组号 (10位)	块内偏移 (4位)
----------	----------	-----------

$$\text{块内偏移} = \log_2^{20} = 8 \quad \text{组号} = \log_2^{40/20/16} = 6 \quad \text{块号} = 40 - 8 - 16 = 22$$

(2) 虚页号 36位  $\text{虚页号} = 48 - \log_2^{48} = 36$

物理页号 28位  $\text{物理页号} = 40 - \log_2^{48} = 28$

(设页大小为 4KB)

(3) 取所有地址 + ~~地址~~ 8~17位得组号为 72, 则对应组第一块号

$$72 \times 16 = 1152$$

第一块号  $1152 + 15 = 1167$

则可能块号为 1152 ~ 1167

4.

(1)

$$\text{每个数据包数据量} = \frac{1\text{MB}}{5} = 0.2\text{MB}$$

$$\text{传输时间} = \frac{0.2\text{MB}}{100\text{MB/s}} = 2\text{ms}$$

$$\text{服务时间} = 2\text{ms} + 0.1\text{ms} + 0.1\text{ms} = 2.2\text{ms}$$

$$(2) \quad \frac{1\text{s}}{2.2\text{ms}} \approx 455$$

$$(3) \quad \begin{cases} u = \lambda \times T_{\text{ser}} \\ T_q = T_{\text{ser}} \times u / (1 - u) \end{cases}$$

$$\lambda = 50, T_{\text{ser}} = 2.2\text{ms} \quad (\lambda \text{ 单位 } \frac{1}{\text{s}})$$

$$\text{then } u = 50/\text{s} \times 2.2 \times 10^{-3}\text{s} = 0.11$$

$$T_q = 2.2\text{ms} \times \frac{0.11}{1 - 0.11} \approx 0.27\text{ms}$$



# 回 答 内 容

```

(1) Loop: ld f0, 0(r1)
           fmul f2, f0, f1    3
           ld f3, 0(r2)
           fadd f4, f2, f3    3
           st f4, 0(r2)      3
           addi r1, r1, 4
           addi r2, r2, 4
           bne r1, r3, loop
    
```

共需 9 个时钟

(2) 交换 st f4, 0(r2)  
和 addi r1, r1, 4

则新语句:

```

Loop: ld f0, 0(r1)
       fmul f2, f0, f1    3
       ld f3, 0(r2)
       fadd f4, f2, f3    3
       st f4, 0(r2)
       addi r1, r1, 4
       st f4, 0(r2)      2
       addi r2, r2, 4
       bne r1, r3, loop
    
```

共需 8 个时钟

2.

				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
LD	F1	0	R1	I	E	W																
LJ	F2	0	R2		I	E	W															
ADDJ	F3	P1	F2			I	E	E	W													
DLVJ	F4	P1	P2				I	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	W			
MULTJ	F5	P3	F10					I	E	E	E	E	W									
SUBJ	F6	P4	F10						I	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E	W		
SJ	F5	0	R1							I	S	S	S	E	W							
SJ	F6	0	R2								I	S	S	S	S	S	S	S	S	E	W	
DABPIV	R1	P1	#8									I	S	S	E	W						
DABPIV	R2	R2	#8										I	S	S	S	S	S	S	E	W	
BNZ														I	S	E	W					

程序结束时间 3, 4, 6, 15, 11, 17, 12, 18, ~~13, 14, 15, 16, 17, 18, 19~~  
13, 19, 14