北京大学信息科学技术学院考试试卷

考试科目：计算机系统导论 **姓名：**_____ **学号：**_____

考试时间：2020 年 11 月 16 日 **小班号：**_____

题号	一	二	三	四	五	**总分**
分数						
阅卷人						

装订线内

不要答题

北京大学考场纪律

1、考生进入考场后，按照监考老师安排隔位就座，将学生证放在桌面上。无学生证者不能参加考试；迟到超过 15 分钟不得入场。在考试开始 30 分钟后方可交卷出场。

2、除必要的文具和主考教师允许的工具书、参考书、计算器以外，其它所有物品（包括空白纸张、手机、或有存储、编程、查询功能的电子用品等）不得带入座位，已经带入考场的必须放在监考人员指定的位置。

3、考试使用的试题、答卷、草稿纸由监考人员统一发放，考试结束时收回，一律不准带出考场。若有试题印制问题请向监考教师提出，不得向其他考生询问。提前答完试卷，应举手示意请监考人员收卷后方可离开；交卷后不得在考场内逗留或在附近高声交谈。未交卷擅自离开考场，不得重新进入考场答卷。考试结束时间到，考生立即停止答卷，在座位上等待监考人员收卷清点后，方可离场。

4、考生要严格遵守考场规则，在规定时间内独立完成答卷。不准交头接耳，不准偷看、夹带、抄袭或者有意让他人抄袭答题内容，不准接传答案或者试卷等。凡有违纪作弊者，一经发现，当场取消其考试资格，并根据《北京大学本科考试工作与学术规范条例》及相关规定严肃处理。

5、考生须确认自己填写的个人信息真实、准确，并承担信息填写错误带来的一切责任与后果。

学校倡议所有考生以北京大学学生的荣誉与诚信答卷，共同维护北京大学的学术声誉。

以下为试题和答题纸，共 14 页。

得分

第一题 单项选择题（每小题 2 分，共 24 分）

注：选择题的回答必须填写在下表中，写在题目后面或其他地方，视为无效。

题号	1	2	3	4	5	6
回答						
题号	7	8	9	10	11	12
回答						

1、某 C 语言程序中对数组变量 a 的声明为“int a[10][10];”，有如下一段代码：

```
for (i=0; i<10; i++)
    for (j=0; j<10; j++)
       sum+= a[i][j];
```

假设执行到“sum+= a[i][j];”时，sum 的值在%rax 中，a[i][0]所在的地址在%rdx 中，j 在%rsi 中，则“sum+= a[i][j];”所对应的指令是（ A ）。

A. addl 0 (%rdx, %rsi, 4), %eax

B. addl 0 (%rsi, %rdx, 4) , %eax

C. addl 0 (%rdx, %rsi, 2) , %eax

D. addl 0 (%rsi, %rdx, 2) , %eax

2、条件码描述了最近一次算术或逻辑操作的属性。下列关于条件码的叙述中，哪一个是不正确的？（ C ）

A. set 指令可以根据条件码的组合将一个字节设置为 0 或 1

B. cmp 指令和 test 指令可以设置条件码但不更改目的寄存器

C. leaq 指令可以设置条件码 CF 和 OF

D. 除无条件跳转指令 jmp 外，其他跳转指令都是根据条件码的某种组合跳转到标号指示的位置

3、假定静态 int 型二维数组 a 和指针数组 pa 的声明如下：

```
static int a[4][4]={ {3, 8, -2, 6}, {2, 1, -5, 3 }, {1, 18, 4, 10},{4, -2, 0, 8}};
```

static int *pa[4]={a[0], a[1], a[2], a[3]};
若 a 的首地址为 0x601080，则&pa[0]和 pa[1]分别是:A

A. 0x6010c0、0x601090

B. 0x6010e0、0x601090

C. 0x6010c0、0x6010a0

D. 0x6010e0、0x6010a0

4、下列关于 x86-64 过程调用的叙述中，哪一个是不正确的？C

A. 每次递归调用都会生成一个新的栈帧，空间开销大

B. 当传递给被调用函数的参数少于 6 个时，可以通过通用寄存器传递

C. 被调用函数要为局部变量分配空间，返回时无需释放这些空间

D. 过程调用返回时，向程序计数器中推送的地址是调用函数中调用指令的下一条指令的地址

5、假设结构体类型 student_info 的声明如下：

```
struct student_info {
        char id[8];
        char name[16];
        unsigned zip;
        char address[50];
        char phone[20];
}x;
```

若 x 的首地址在%rdx 中，则“unsigned xzip=x.zip;”所对应的汇编指令为:B

A. movl 0x24(%rdx), %eax

B. movl 0x18(%rdx), %eax

C. leaq 0x24(%rdx), %rax

D. leaq 0x18(%rdx), %rax

6、在Y86-64的PIPE实现中，仅考虑ICALL、IPOPQ、IPUSHQ、IRET指令，对mem_addr的HCL描述正确的是：A

```
word mem_addr = [
    M_icode in { ①, ② } : M_valE;
    M_icode in { ③, ④ } : M_valA;
];
```

A．①IPUSHQ ②ICALL ③IPOPQ ④IRET
B．①IPUSHQ ②IRET ③ICALL ④IRET
C．①IPUSHQ ②IPOPQ ③IRET ④ICALL
D．①IPUSHQ ②IRET ③IPOPQ ④ICALL

7、下列说法正确的是：C
A．在SEQ机器中，我们采用预测跳转总是选择（always taken）的策略比从不选择（never taken）的策略要略好。
B．流水级划分应尽量均衡，不均衡的流水线会增加控制冒险。
C． 如果一台机器的CPI小于1，则它必然不是普通流水线结构。
D． 由于rrmovq %rax, %rax不影响标记位，所以可使用其代替nop指令。
选项A，SEQ机器无所谓转移预测
选项D，rrmovq会带来潜在的数据相关

8、仅考虑以下代码，哪个或哪些代码片段在当前主流编译器的标准优化选项下一定会被优化？（假设int i, int j, int A[N], int B[N], int *p都是局部变量，int foo(int) 是一个函数）B

	优化前	优化后

A.	for (j = 0 ; j < N ; j++)
	B[i] *= A[j];
		int temp = B[i];
		for (j= 0 ; j < N ; j++)
		temp *= A[j];
		B[i] = temp;

B.	for (j = 0 ; j < N ; j++)
	m + = i*N*j;
		temp = i*N;
		for (j= 0 ; j < N ; j++)
		m + = temp * j;

C.	i = foo(N);
	j = foo(N)+1;
	if (i != j)
	m = j ;
		m = j ;

D.	if(m==1){
	i=3;j=4;
	}else{
	i=4;j=3;
	}
	m=i+j;
		m = 7;

选项 A 中数组 A 和 B 可能存在别名
选项 C 中的函数可能会有副作用
选项 D 中 i 和 j 可能会被使用，原则上不应该删除 i 和 j 的定值

9、下面代码中不能体现以下哪种局部性：

A．数据的时间局部性

B．数据的空间局部性

C．指令的时间局部性

D．指令的空间局部性

```
for(i=0; i<100; i++){
   a[0]=a[0]+i;
}
```

答案为 B，只访问同一个数据 a[0]，没有数据空间局部性

10、以下关于存储器的说法中，正确的是：

A．SRAM 单元比 DRAM 单元的能耗更大

B．DRAM 通常用做高速缓存

C．DRAM 单元比 SRAM 单元的速度更快

D．固态硬盘的读写速度基本相当

答案为 A，DRAM 不做缓存、DRAM 单元比 SRAM 单元慢、固态硬盘写的速度比较慢

11、以下关于缓存的说法中，正确的是：

A．LRU 不会比 MRU（most-recently used）替换策略差

B．先入先出（FIFO）比随机替换命中率高

C．保持缓存容量、缓存块大小（B）不变，增加路数（E），命中率不会下降

D．以上说法都不正确

答案为 D，LRU 有可能比 MRU 更差；先入先出可能比随机差；保持缓存容量、缓存块大小（B）不变，增加路数（E），命中率可能下降

12、以下关于存储器的说法中，正确的是：B

A．SRAM 和 DRAM 的融合形成 SDRAM

B．SRAM 单元比 DRAM 单元的晶体管数目更多

C．DRAM 是一种非易失性存储器

D．固态硬盘的读写速度基本相当

得分

第二题（20 分）

分析两段在 x86-64 CPU 上运行的程序代码，回答相关问题。

第一段代码：

```
#include<stdio.h>

typedef struct
{
    int x;
    int y;
}struct_e;

typedef union
{
    struct_e s;
    double d;
}union_e;

int main () {
    union_e test;
    test.s.x = 0;
    test.s.y = -1;
    printf("%lf\n", test.d);

    test.s.y = 0x3ff00000;
    printf("%lf\n", test.d);
}
```

（1）以上程序的两次输出分别是 ____NaN____（2 分），_____1_____（2 分）。

（2） sizeof(union_e) = ____8____。（2 分）

（3）如果某次程序输出的 test.d 是最大的负非规格化数，则

此时从 test 的起始地址开始的 8 个字节（用 16 进制表示）依次是：（4 分，全对才得分，否则 0 分）

01	00	00	00	00	00	00	80

此时

test.s.x = _____ 1_____（2 分）
test.s.y = ___-2147483648 (-2**31)___（2 分）

第二段代码：

```
int a = 33554442; // 2^25+10
int b = a + 5;
for (; a < b; a++) {
    float f = a;
    printf("%d ", (int)f - a);
}
```

（1） 这段代码的运行输出结果是（若有多个输出结果，用逗号分隔表示）：

_____-2，1，0，-1，2_____（3 分，全对才得分）

(2)进一步分析，float 类型不可以精确表示的最小正整数是 ___2**24+1___。（3 分）

得分

第三题（20 分）

请分析下面的 C 语言程序和对应的 x86-64 汇编代码。

1.其中，有一部分缺失的代码（用标号标出），请在标号对应的横线上填写缺失的内容。注:汇编与机器码中的数字用 16 进制数填写。

（1-11 每空 1 分，共 11 分）

C 语言代码如下：

```
typedef struct _parameters {
    int n;
    int product;
} parameters;
int bar(parameters *params, int x) {
    params->product *= x;
}
void foo (parameters *params) {
    if (params->n <= 1)
        ___ (1) ___
    bar(params, ___ (2) ___);
    params->n--;
    foo(params);
}
```

(1) _____

(2) _____

x86-64 汇编代码如下（为简单起见，函数内指令地址只给出后四位，需要时可补全):（

```
0x0000555555555189 <bar>:
    5189: f3 0f 1e fa    endbr64
    518d: 55             push   %rbp
    518e: 48 89 e5       mov    %rsp,%rbp
    5191: 48 89 7d f8    mov    _(3)_,-0x8(%rbp)  (3)_____
    5195: 89 75 f4       mov    %esi,-0xc(%rbp)
    5198: 48 8b 45 f8    mov    -0x8(%rbp),%rax
    519c: 8b 40 04       mov    0x4(%rax),%eax
    519f: 0f af 45 f4    imul   _(4)_(%rbp),%eax  (4)_____
    51a3: 89 c2          mov    %eax,%edx
    51a5: 48 8b 45 f8    mov    -0x8(%rbp),%rax
```

```
    51a9: 89 50 04      mov    %edx,0x4(%rax)
    51ac: 90            nop
    51ad: 5d            pop    _(5)_           (5)_________
    51ae: c3            retq

00005555555551af <foo>:
    51af: f3 0f 1e fa   endbr64
    51b3: 55            push   %rbp
    51b4: 48 89 e5      mov    %rsp,%rbp
    51b7: 48 83 ec 10   _(6)_  $0x10,%rsp       (6)_________
    51bb: 48 89 7d f8   mov    %rdi,-0x8(%rbp)
    51bf: 48 8b 45 f8    mov    -0x8(%rbp),%rax
    51c3: 8b 00         mov    (%rax),%eax
    51c5: 83 f8 01      cmp    $0x1,%eax
    51c8: 7e 31         _(7)_51fb <foo+0x4c>   (7)_________
    51ca: 48 8b 45 f8    mov    -0x8(%rbp),%rax
    51ce: 8b 10         mov    (%rax),%edx
    51d0: 48 8b 45 f8    mov    -0x8(%rbp),%rax
    51d4: 89 d6         mov    %edx,%esi
    51d6: 48 89 c7      mov    %rax,%rdi
    51d9: e8 ab ff ff ff   callq  0x0000555555555189 <bar>
    51de: 48 8b 45 f8    mov    -0x8(%rbp),%rax
    51e2: 8b 00         mov    (%rax),%eax
    51e4: 8d 50 ff      lea  -0x1(_(8)_),%edx   (8)_________
    51e7: 48 8b 45 f8   mov    -0x8(%rbp),%rax
    51eb: 89 10         mov   _(9)_,(%rax)      (9)__________
    51ed: 48 8b 45 f8   mov  _(10)_,%rax       (10)_________
    51f1: 48 89 c7      mov    %rax,%rdi
    51f4: e8 b6 ff ff ff   callq   _(11)_       (11)_________
    51f9: eb 01         jmp    51fc <foo+0x4d>
    51fb: 90            nop
    51fc: c9            leaveq
    51fd: c3            retq
```

2.在程序执行到 0x000055555555518e 时(该指令还未执行),此时的栈帧如下,请填写空格中对应的值。(每空 2 分,共 6 分)

地址	值
0x7fffffffe308	0xffffe340
0x7fffffffe304	0x00000000
0x7fffffffe300	0x00000000
0x7fffffffe2fc	0x00005555
0x7fffffffe2f8	(12) _____
0x7fffffffe2f4	0x00007fff
0x7fffffffe2f0	0xffffe310
0x7fffffffe2ec	0x00007fff
0x7fffffffe2e8	0xffffe340
0x7fffffffe2e4	0x00000004
0x7fffffffe2e0	0xffffe350
0x7fffffffe2dc	0x00005555
0x7fffffffe2d8	(13) _____
0x7fffffffe2d4	0x00007fff
0x7fffffffe2d0	(14) _____

3.当 params={n,1}时, foo(&params)函数的功能是什么? (3 分)

参考答案:

1、(注:本题十六进制未带 0x,不扣分)

(1) return; (注:未带分号,不扣分)

(2) params->n

(3) %rdi

(4) -0xc

(5) %rbp

(6) sub (注:写成 subq,不扣分)

(7) jle

(8) %rax

(9) %edx

(10) -0x8(%rbp)

(11) 0x00005555555551af < foo > (只写数值或者<foo>,都算正确)

(12) 0x555551f9

(13) 0x555551de

（14）0xffffe2f0

2、计算阶乘

考察内容：

1. 对 51c8 及 51fb 的理解，由 51c8 和 51fb 可以知道这是跳转指令，跳转到 51fb，阅读汇编代码可知这里就结束了。结合源代码这里是 return 退出
2. 对 51ca 和 51ce 的理解，由 51ca 可知此时 rax 保存的是 param 的地址，51ce 直接从地址取值，所以取出的是第一个数 n，即 params->n
3. 51d4 和 51d6 通过两个寄存器传参，分别是%esi 和%rdi，5195 使用了%esi，推出此处使用%rdi
4. 对源程序及 5195 的理解，由 519c 可知 eax 保存的是 param->product，所以这里是执行乘法操作，另一个操作数是参数 x，5195 处已经把 x 保存在-0xc(%rbp)中，所以就从这里读取数据
5. Callee 保存的参数，518d 保存，这里读取
6. 进入函数后首先分配栈帧，通过减%rsp 实现
7. 源程序 if (params->n <= 1)的判断
8. 源程序 params->n--;，上一句已经把 params->n 读到%eax 中，这里进行修改
9. 对源程序 params->n--;的理解，51e4 已经把计算结果保存在%edx 中，这里把%edx 的结果进行保存
10. 与 51e7 相同，与 51d0 的内容也相同，考察调用函数的传参方法
11. 函数递归调用，由 foo 函数的内容可得
12. 函数调用保存返回地址，首先进入 foo 函数，所以返回的是调用 foo 函数后的下一条指令地址
13. 函数调用保存返回地址，在 foo 函数中进入 bar 函数，所以返回的是调用 bar 后的下一条指令
14. Push 之后栈顶的内容，推测出此时的 rbp 是在上一次函数调用，进入 callee 时设置的。上一次函数调用保存的返回地址在 0x7fffffffe2f8，所以上一次 rbp 的值是 0x7fffffffe2f0

得分

第四题（20 分）

基于教材所描述的Y86-64 ISA和SEQ、PIPE处理器结构，完成下列问题。

（1）拟新加入指令leave。其语义相当于

```
rrmovq   %rbp, %rsp
popq     %rbp
```

请按下表补全SEQ处理器每个阶段的操作。需说明的信号可能会包括：icode, ifun, rA, rB, valA, valB, valC, valE, valP, Cnd；寄存器堆R[], 存储器M[], 程序计数器PC, 条件码CC。其中对存储器的引用必须标明字节数。（合计16分，详见下表内）

取指	icode:ifun ← M_1[PC] valP ← PC + 1
译码	（每行操作2分，一行全对才得分。共2行，合计4分） **valA ← R[%rbp]** **valB ← R[%rbp]**
执行	（4分，一行全对才得分） **valE ← valB + 8**
访存	（4分，一行全对才得分） **valM ← M_8[valA]**
写回	（每行操作2分，一行全对才得分。共2行，合计4分） **R[%rsp] ← ValE** **R[%rbp] ← ValM**
更新PC	PC ← valP

每个空内的语句顺序无所谓

（2）类似的，如果尝试新加入指令enter。其语义相当于

```
pushq       %rbp
rrmovq      %rsp, %rbp
```

为执行拟新增的指令，你尝试改进PIPE处理器，最终完成的工作为（可多选）：

含有C但不含A不含B的组合，或单选G 。

补充说明：选G是常规思路；但是，含C的选项并试图维持可能的流水控制信号的设计也可以算对。流水线处理器中里面的寄存器堆在常规情况下只安排2个写口。含C选项相当于安排3个写口，虽然不是常规设计但仍可以实现。

A．增加了一个计算栈帧调整±8的ALU单元；

B．为寄存器堆增加了一个读口；

C．为寄存器堆增加了一个写口；

D．在执行（E：Execution）阶段引入寄存器以保持新增的流水线信号；

E．在访存（M：Memory Access）阶段引入寄存器以保持新增的流水线信号；

F．在回写（W：Write Back）阶段引入寄存器以保持新增的流水线信号；

G．认为现有框架无法有效支持这一改造。

（4分，完全正确才得分，多选、少选都不得分）

得分

第五题（16 分）

现有一个直接映射（Direct-mapped）的高速缓存（cache），其总容量为 16 字节，每个高速缓存块（cache block）为 4 字节（B=4Byte/block）。Cache 的初始状态为空。

（1）经过如下地址访问序列后，请填写 cache 第 2 组（即 Set 2，注：从 0 开始编号）的状态。数据块用 10 进制表示，举例：M[4-7]表示地址 4-7 的数据。地址序列全部为读访存，每次读取 2 个字节，地址单位为字节。

（提示：一次访存可能访问多个高速缓存块。）

（6 分，v/Tag/Block ，每空 2 分）

R 0 [000000_2],
R 1 [000001_2],
R 7 [000111_2],
R 4 [000100_2],
R 0 [000000_2]

	v	Tag	Block
Set 2	1	00	M[8-11]

本次访存序列，共发生____3___次高速缓存缺失(miss)？（2 分）

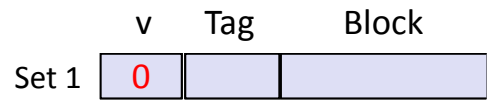
（提示：一次访存可能引发多次高速缓存缺失。）

考察内容：

本题考察当访问数据和 cache block 不对齐时，对缓存的影响。每次访问是 2 个字节，当数据对齐（即首地址是偶数），并且 2 字节数据都在同一个缓存块时，仅一次缓存的访问即可返回数据。如果数据未对齐，并且跨越了两个缓存块时，会发生两次缓存访问。例如上图（R 7），需要访问数据 M[7-8]，其中 M[7]和 M[8]分别在两个缓存块，则发生了两次缓存操作（缺失），并且会将缓存 Set 2 中的数据块填满。

（2）接上题，高速缓存重新清空后，执行如下访问序列，同时包含读访存（R）和写访存（W）操作，每次读/写 2 个字节，高速缓存采用 write back + no-write-allocate 的管理策略，其他配置不变。请填写访存后 cache 第 1 组（Set 1）的状态。（2 分，v 是 0 即给 2 分）

R 0 [000000_2],
R 1 [000001_2],
W 7 [000111_2],
R 12 [001100_2],
R 9 [001001_2]



考察内容：
本题考察 no-write-allocate，写操作（W 7）不会将数据填写到 Set 1 中

下面分两套答案
**********第一套**********
本次访存序列，共发生____**1**__次高速缓存命中(hit)？ （给 2 分）
考察内容：
考虑到数据对齐和非对齐的访存，仅发生 1 次命中

（3）为了提升高速缓存的效率，设计师提出两种修改方案
a） 将高速缓存块增大到 8 字节（B=8Byte/block），其他配置不变，每次访存命中（hit）的时间开销为 4 个时钟周期；
b） 将高速缓存变为全相连（fully-associative，即 S=1），其他配置不变，每次访存命中（hit）的时间开销为 2 个时钟周期；
对于如下访问序列，分别采用两种修改方案的访存时间总开销相等，请问每次高速缓存缺失（miss）的时间开销是____**10 或者 12**___时钟周期？（给 4 分）

R 0 [000000_2],
R 1 [000001_2],
R 7 [000111_2],
R 8 [001000_2],
R 9 [001001_2]

提示：修改高速缓存配置不会影响高速缓存缺失的时间开销

考察内容：
a） 方案发生 2 次缺失，四次命中；
b） 方案发生 3 次缺失，3 次命中

假设缺失开销是 m，有方程 2m + 4*4 = 3m + 2*3， 则 m = 10

有同学考虑每次缺失还要额外计算一次命中，即

a）方案发生 2 次缺失，6 次命中；

b）方案发生 3 次缺失，6 次命中

有方程 2m + 4*6 = 3m + 2*6， 则 m = 12

**********第二套**********

本次访存序列，共发生____**5**__次高速缓存命中(hit)？ （给 1 分）

有同学误以为每次访问两字节都会引起两次缓存操作，因此得出另一套答案，只给一半分。

注意：必须两个答案匹配才有分。

（3）为了提升高速缓存的效率，设计师提出两种修改方案

a） 将高速缓存块增大到 8 字节（B=8Byte/block），其他配置不变，每次访存命中（hit）的时间开销为 4 个时钟周期；

b） 将高速缓存变为全相连（fully-associative，即 S=1），其他配置不变，每次访存命中（hit）的时间开销为 2 个时钟周期；

对于如下访问序列，分别采用两种修改方案的访存时间总开销相等，请问每次高速缓存缺失（miss）的时间开销是____**18 或者 20**___时钟周期？（给 2 分）

R 0 [000000_2],
R 1 [000001_2],
R 7 [000111_2],
R 8 [001000_2],
R 9 [001001_2]

提示：修改高速缓存配置不会影响高速缓存缺失的时间开销