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： 2014 年 11 月 13 日 **任课教师：** _____

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	**总分**
分数									
阅卷人									

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。

装订线内 不要答题

得分

第一题 单项选择题（每小题 2 分，共 32 分）

1、假设下列 unsigned 和 int 数均为 32 位，

```
unsigned x = 0x00000001;
int y = 0x80000000;
int z = 0x80000001;
```

以下表达式正确的是

A. (-1) < x

B. (- y) > -1

C. ~ y + y == -1

D. (z<<4) > (z*16)

答：（ ）

答案：C

A 错误 signed (-1) 和 unsigned x 比较，都按照 unsigned，所以强制类型转换后（-1）很大

B 错误 int 中 0x80000000 的相反数还是自己，是最小的负数

C 正确 相等关系；~y + y == 0xFFFFFFFF 是 -1 的补码表示

D 错误 应该是相等关系 unsigned，signed 左移 4 位 相当于 *16

2、下面说法正确的是：

A. 数 0 的反码表示是唯一的

B. 数 0 的补码表示不是唯一的

C. 1000, 1111, 1110, 1111, 1100, 0000, 0000, 0000 表示唯一的整数是 0x8FEFC000

D. 1000, 1111, 1110, 1111, 1100, 0000, 0000, 0000 如果是单精度浮点表示，则表示的是$-(1.110111111)_b*2^{31-127}$

答：（ ）

答案：D

考察反码、补码

A．错误。若用反码表示，则可表示为 00000000 或 11111111。

B．错误。数 0 的补码表示是唯一的：+0 的补码=+0 的反码=+0 的原码=00000000；0 的原码和反码有两种，补码只有一种。

C．错误。如果是无符号数表示，则表示的是 0x8FEFC000；如果是补码表示，

则表示的是 -0x70104000

D．正确。

3、下面表达式中为"真"的是：

A. (unsigned) -1 < -2

B. 2147483647 > (int) 2147483648U

C. (0x80005942 >> 4) == 0x09005942

D. 2147483647 + 1 != 2147483648

答：（ ）

答案：B

4、下列的指令组中，那一组指令只改变条件码，而不改变寄存器的值？

A. CMP, SUB

B. TEST, AND

C. CMP, TEST

D. LEAL, CMP

答：（ ）

答案：C

SUB 和 AND 都同时会改变条件码和寄存器的值，LEAL 不改变改变条码。

5、下列指令中，寻址方式不正确的是

A. MOVB %ah, 0x20(, %ecx, 8)

B. LEAL (0xA, %eax), %ebx

C. SUBB 0x1B, %bl

D. INCL (%ebx, %eax)

答：（ ）

答案：B

存储器数的基地址应该存放在一个基址寄存器中。

6、有如下定义的结构，在 x86-64 下，下述结论中错误的是？

```
struct {
    char c;
    union {
        char vc;
        double value;
        int vi;
    } u;
    int i;
} sa;
```

A. sizeof(sa) == 24

B. (&sa.i - &sa.u.vi) == 8

C. (&sa.u.vc - &sa.c) == 8

D. 优化成员变量的顺序，可以做到"sizeof(sa) == 16"

答：（ ）

答案：B

由于对齐的需求，在 x86-64 下，要保证 sa.u.value（double 类型变量）的地址必须 8 字节对齐，而在 ia32 的 Linux 系统中，可 4 字节对齐。故 sizeof(sa) 在 x86-64 下要占用三个 8 字节的空间共 24 字节。sa.u.vc 与 sa.c 之间和 sa.i 与 sa.u.vi 之间的地址值之差均为 8，但即使不知道(&sa.i - &sa.u.vi)表示之间可以放置多少个整数（值为 2），也可通过优化成员变量顺序后有 sizeof(sa) == 16，用排除法得出正确答案。

7、关于如何避免缓冲区溢出带来的程序风险，下述错误的做法为？

A. 编程时定义大的缓冲区数组

B. 编程时避免使用 gets，而采用 fgets

C. 程序运行时随机化栈的偏移地址

D. 在硬件级别引入不可执行代码段的机制

答：（ ）

答案：A

B、C、D 均为讲义中所提及的解决缓冲区溢出风险的方法。A 策略则无法从根本上解决缓冲区溢出问题，只要输入足够长数据就仍然可以实现缓冲区溢出攻击。

8、对简单的 switch 语句常采用跳转表的方式实现，在 x86-64 系统中，下述最有可能正确的 switch 分支跳转汇编指令为哪个？

A. jmp .L3(,%eax,4)

B. jmp .L3(,%eax,8)

C. jmp *.L3(,%eax,4)

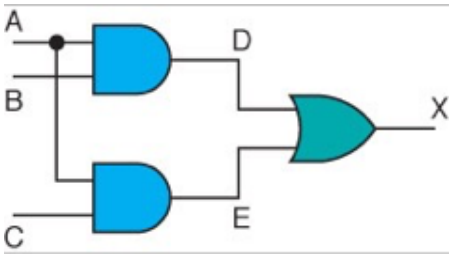
D. jmp *.L3(,%eax,8)

答：（ ）

答案：D

A 与 B 都是错误的基于跳转表跳转的指令正确格式。C、D 的指令格式正确，但在在 x86-64 系统中，每个地址占 8 个字节，因此更有可能的答案是 D。

9、对应下述组合电路的正确 HCL 表达式为



A. Bool X = (A || B) && (A || C)
B. Bool X = A || (B && C)
C. Bool X = A && (B || C)
D. Bool X = A || B || C

答：（　　）

答案：C

10、若处理器实现了三级流水线，每一级流水线实际需要的运行时间分别为 2ns、2ns 和 1ns，则此处理器不停顿地执行完毕 10 条指令需要的时间为：

A. 21ns
B. 22ns
C. 23ns
D. 24ns

答：（　　）

答案：D
2+2+2*10 = 24

11、关于 RISC 和 CISC 的描述，正确的是：

A. CISC 指令系统的指令编码可以很短，例如最短的指令可能只有一个字节，因此 CISC 的取指部件设计会比 RISC 更为简单。
B. CISC 指令系统中的指令数目较多，因此程序代码通常会比较长；而 RISC 指令系统中通常指令数目较少，因此程序代码通常会比较短。
C. CISC 指令系统支持的寻址方式较多，RISC 指令系统支持的寻址方式较少，因此用 CISC 在程序中实现访存的功能更容易。
D. CISC 机器中的寄存器数目较少，函数参数必须通过栈来进行传递；RISC 机器中的寄存器数目较多，只需要通过寄存器来传递参数。

答：（　　）

答案：C
考查对 CISC 和 RISC 基本特点的描述，A 和 B 都是描述反了，D 则是太绝对，RISC

也有可能用栈来传递参数。

12、关于流水线技术的描述，正确的是：

A．指令间数据相关引发的数据冒险，一定可以通过暂停流水线来解决。

B．流水线技术不仅能够提高执行指令的吞吐率，还能减少单条指令的执行时间。

C．增加流水线的级数，一定能获得性能上的提升。

D．流水级划分应尽量均衡，不均衡的流水线会增加控制冒险。

答：（　　）

答案：A

说明：B 会增加单条指令的执行时间，C 可能会降低性能，D 和控制冒险没有关系

13、下面关于程序性能的说法中，哪种是正确的？

A．处理器内部只要有多个功能部件空闲，就能实现指令并行，从而提高程序性能。

B．同一个任务采用时间复杂度为 O(logN)算法一定比采用复杂度为 O(N)算法的执行时间短

C．转移预测总是能带来好处，不会产生额外代价，对提高程序性能有帮助。

D．增大循环展开（loop unrolling）的级数，有可能降低程序的性能（即增加执行时间）

答：（　　）

答案：　D

14、仅考虑以下代码，哪些程序优化总是被编译器自动进行？（假设 int i, int j, int A[N], int B[N], int m, int *p 都是局部变量，N 是一个整数型常量，int foo(int) 是一个函数）

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

C.	i = foo(N);
	j = foo(N);
	if (*p != 0)
	m = j ;
		j = foo(N);
		if (*p != 0)
		m = j ;

D.	for (j = 0 ; j < foo(N) ; j ++)
	  m ++;
		int temp = foo(N);
		for (j= 0 ; j < temp ; j ++)
		  m ++;

答：（ ）

答案：B

15、以下关于存储结构的讨论，那个是正确的

A．增加额外一级存储，数据存取的延时一定不会下降

B．增加存储的容量，数据存取的延时一定不会下降

C．增加额外一级存储，数据存取的延时一定不会增加

D．以上选项都不正确

答：（ ）

答案：D

16、关于 cache 的 miss rate，下面那种说法是错误的。

A.保持 E 和 B 不变，增大 S，miss rate 一定不会增加

B.保持总容量和 B 不变，提高 E，miss rate 一定不会增加

C.保持总容量和 E 不变，提高 B，miss rate 一定不会增加

D.如果不采用“LRU”，使用“随机替换策略”，miss rate 可能会降低

答：（ ）

答案：C

注：实际答案 B 的说法也是有错误的。例如：保持总容量和 B 不变，提高 E，就意味着以前的两组可能并成一组。假设 A 和 B 组并成了新的一组。现在假设有一个访问序列 b1，b2，a1，a2，a3，...，an，b1，b2。其中 bi 是会被放到 B 组的块，ai 是会被放到 A 组的块。n 足够大使得可以把合并后的组中的所有块都换出去。那么按合并后的情况全部都不命中，而按合并前的情况最后两次访问 b1,b2 仍然能命中。

因此，选 C 或 B 都算正确。

得分

第二题（10 分）

1）假设下列 unsigned 和 int 数均为 5 位（有符号整型用补码运算表示），在下表中填入正确答案（每空 1 分，共 6 分）

```
int y = - 7;
unsigned z = y;
```

	Decimal Representation	Binary Representation
z		
y - *z*		
TMin		

答案

	Decimal Representation	Binary Representation
z	25	1 1001
y - *z*	0	0 0000
TMin	-16	1 0000

2）请按 IEEE 浮点标准的单精度浮点数表示下表中的数值，首先写出形如 $(-1)^s \times M \times 2^E$ 的表达式，然后给出十六进制的表示。（每格 1 分，共 4 分）

注：单精度浮点数的字段划分如下：

符号位（s）：1-bit；阶码字段（exp）：8-bit；小数字段（frac）：23-bit；

偏置值（bias）：127。

Value	$(-1)^s \times M \times 2^E$, 1<=M<2	Hex representation
0.375		
-12.5		

答案

Value	$(-1)^s \times M \times 2^E$ 1<=M<2	Hex representation
0.375	1.1×2^{-2}	0x3EC00000
-12.5	(-1) * 1.1001*2^3	0xC1480000

得分

第三题 （10 分）

阅读以下代码。假设代码运行在 IA32 的计算机上，字长为 4，请给出各个变量在内存中的十六进制字节表示（地址从小到大）。

注意 tiny_float 是一种 8 位的浮点数，1 个符号位，4 个指数位，3 个尾数位。

```
int main()
{
        int a = 0x15213;
        unsigned char b = ((char)-5);
        tiny_float c = 19;
        float d;
        if (b < 4)
                d = -0.96875;
        else
                d = 769;
}
```

a			
13	52	01	00

b
FB

c
5A

d			
00	40	40	44

每空 1 分

得分

第四题（10 分）

一个函数如下，其中部分代码被隐去，请通过gdb调试信息补全代码（4分）。

```
int f(int n, int m) {
    if (m > 0) {
        if (n > 1) {
            int r = f(n - 1, m);
            return (r - 1 + m) % n + 1;
        }
        else if (n == 1) {
            return 1;
        }
    }
    return 0;
}
```

{考察点：x86-64函数调用、参数传递及栈的使用。函数调用通过rdi和rsi传递第一和第二个参数，栈中只记录函数的返回地址。由于是递归调用，需要用栈保存递归过程中参数变量的值。同时考察xor、test、lea、idiv、sete等指令的使用。难点1：两个判断"n > 1"和"n == 1"在汇编代码中只有一次比较，第二次判断相等是通过sete使得n==1时返回值为1，否则返回值为0实现的。难点2：表达式"(r - 1 + m) % n + 1"比较复杂，需要综合多条语句的信息才能分析出来，并且变量r对应于f(n-1,m)的返回值即寄存器%eax，因而不存在相应的赋值指令。}

如下是通过"gcc -g -O2"命令编译后，在gdb中通过"disas f"命令得到的反汇编代码，其中有两个汇编指令不全，请补全这两条汇编指令（2分）。

```
0x00000000004004e0 <f+0>:     mov    %rbx,-0x10(%rsp)
0x00000000004004e5 <f+5>:     mov    %rbp,-0x8(%rsp)
0x00000000004004ea <f+10>:    xor    %eax,%eax
0x00000000004004ec <f+12>:    sub    $0x10,%rsp
0x00000000004004f0 <f+16>:    test   %esi,%esi
0x00000000004004f2 <f+18>:    mov    %edi,%ebp
0x00000000004004f4 <f+20>:    mov    %esi,%ebx
0x00000000004004f6 <f+22>:    jle    0x400513 <f+51>
0x00000000004004f8 <f+24>:    cmp    $0x1,%edi
0x00000000004004fb <f+27>:    jle    0x400521 <f+65>
0x00000000004004fd <f+29>:    lea    -0x1(%rbp),%edi
```

```
0x0000000000400500 <f+32>:     callq  0x4004e0 <f>
0x0000000000400505 <f+37>:     lea    -0x1(%rax,%rbx,1),%edx
0x0000000000400509 <f+41>:     mov    %edx,%eax
0x000000000040050b <f+43>:     sar    $0x1f,%edx
0x000000000040050e <f+46>:     idiv   %ebp
0x0000000000400510 <f+48>:     lea    0x1(%rdx),%eax
0x0000000000400513 <f+51>:     mov    (%rsp),%rbx
0x0000000000400517 <f+55>:     mov    0x8(%rsp),%rbp
0x000000000040051c <f+60>:     add    $0x10,%rsp
0x0000000000400520 <f+64>:     retq
0x0000000000400521 <f+65>:     sete   %al
0x0000000000400524 <f+68>:     movzbl %al,%eax
0x0000000000400527 <f+71>:     jmp    0x400513 <f+51>
```

{考察点：函数中使用到了%rbp和%rbx寄存器，两者都是callee保存的寄存器，使用前需要压栈，函数返回时需要弹栈恢复寄存器的值。通过前后汇编代码的对比，应该可以猜出两个空分别填写什么；但要注意，压栈和弹栈时，%rsp寄存器的值不同，因而对应的地址表示也不同。}

已知在调用函数f(4, 3)时，我们在函数f中指令retq处设置了断点，下面列出的是程序在第一次运行到断点处暂停时时，相关通用寄存器的值。请根据你对函数及其汇编代码的理解，填写当前栈中的内容。如果某些内存位置处内容不确定，请填写X。（4分）

```
rax             0x1
rbx             0x3
rcx             0x3
rdx             0x309c552970
rsi             0x3
rdi             0x1
rbp             0x2
rsp             0x7fffffffe340
rip             0x400520
```

{考察点：递归调用的返回地址共三处是明确的，并且相同，值可以从反汇编代码中确定（1 分）；三次递归调用程序栈中，压入的%rbx（m）的值不变，压入的%rbp（n）的值为每次减小 1（1 分）；注意 x86-64,栈中的数据都是 64 位的，但因为数值均比较小，所以这 9 个位置处的高 4 字节均为 0（1 分）；其余位置的内容均是不确定的（1 分）。}

0x7fffffffe38c	X
0x7fffffffe388	X
0x7fffffffe384	X
0x7fffffffe380	X
0x7fffffffe37c	X
0x7fffffffe378	X
0x7fffffffe374	0x0
0x7fffffffe370	0x00400505
0x7fffffffe36c	0x0
0x7fffffffe368	0x4
0x7fffffffe364	0x0
0x7fffffffe360	0x3
0x7fffffffe35c	0x0
0x7fffffffe358	0x00400505
0x7fffffffe354	0x0
0x7fffffffe350	0x3
0x7fffffffe34c	0x0
0x7fffffffe348	0x3
0x7fffffffe344	0x0
0x7fffffffe340	0x00400505
0x7fffffffe33c	0x0
0x7fffffffe338	0x2
0x7fffffffe334	0x0
0x7fffffffe330	0x3
0x7fffffffe32c	X
0x7fffffffe328	X
0x7fffffffe324	X
0x7fffffffe320	X

得分

第五题（8 分）

阅读下面的汇编代码，根据汇编代码填写 C 代码中缺失的部分，然后描述该程序的功能。

```
    pushl   %ebp
    movl    %esp,%ebp
    movl    $0x0, %ecx
    cmpl        $0x0, 8(%ebp)
    jle .L1
.L2
    movl    $0x0, %edx
    movl    8(%ebp), %eax
    divl        $0x0a
    addl        %edx, %ecx
    movl    %eax, 8(%ebp)
    cmpl    $0x0, 8(%ebp)
    jg  .L2
.L1
    movl    0x0, %edx
    movl    %ecx, %eax
    divl        0x3
    cmpl        0x0, %edx
    jne .L3
    movl    0x1, %eax
    jmp .L4
.L3
    movl    0x0, %eax
.L4
```

```
int fun(unsigned    x) {
    int bit_sum = 0;
    while (  (int) x > 0     ) {
        bit_sum += x % 10    ;
        x = x / 10           ;
    }
    if (    bit_sum % 3 == 0    )
        return 1;
    else
        return 0;
}
```

红色下划线部分为答案，每空 1 分。

该程序用来判断一个不大于 2^n-1 的非负整数是否为 3 的倍数，如果大于 2^n-1，则直接返回 1（3 分）。

得分

第六题（10 分）

请分析Y86 ISA中新加入的一条指令：caddXX，条件加法。其功能可以参考add和cmovXX两条指令。

caddXX	C	fn	rA	rB

若在教材所描述的SEQ处理器上执行这条指令，请按下表填写每个阶段进行的操作。需说明的信号包括：icode, ifun, rA, rB, valA, valB, valC, valE, valP, Cnd；the register file R[], data memory M[], Program counter PC, condition codes CC。其中对存储器的引用必须标明字节数。如果在某一阶段没有任何操作，请填写none指明。

Stage	caddXX rA, rB
Fetch	icode:ifun ← M_1[PC] rA:rB ← M_1[PC+1] valP ← PC+2
Decode	valA ← R[rA] valB ← R[rB]
Execute	valE ← valA+valB Cnd ← Cond(CC,ifun)
Memory	none
Write back	if(Cnd) R[rB] ← valE
PC update	PC ← valP

（每个操作 1 分）

注：Execute 阶段可以写上 if(Cnd) Set CC，不计分，但如果只写了 Set CC 是要扣分的。Write back 阶段的操作不可以写成 R[rB] ← Cnd? valE: valB

得分

第七题（10 分）

如下是使用 C 语言描述的链表结构的声明，链表的结尾使用空指针来表示。同时使用函数 int length (List *p) 来计算链表的长度。为简化起见，假设该链表是非循环的。

```
typedef struct LIST {
    struct LIST *next;
    int data;
} List;
```

1）函数 count_pos1 用来计算链表中 data 为正数的元素个数，并将结果存放在地址 k。以下的程序可能存在问题导致效率很低或程序出错，请指出并修改。（4 分）

```
void count_pos1 (List *p, int *k) {
    int i;
    for (i = 0; i < length(p); i++) {
        if (p->data  > 0)
            *k++;
        p = p->next;
    }
}
```

2）为提高程序性能，可以考虑删除变量 i 以消除函数调用。请修改上述程序达到该目的。（2 分）

3）上述程序内层循环的汇编片段如下所示。假设该链表不为空且大部分数据都为正数，转移预测全部正确，设计中有足够多的部件来实现指令并行。其中访存操作全部 cache 命中，时延为 3 cycle，其他指令时延为 1cycle。请计算以下程序的 CPE 下限，并给出文字说明。（4 分）

```
.L1:
    movl   4(%eax), %ecx
    testl     %ecx, %ecx
    jle       .L2
    incl      %edx
.L2:
    movl   (%eax), %eax
```

```
        testl   %eax, %eax
        jne         .L1
```

答案：

1）

```
void count_pos1 (List *p, int *k) {
      int I, num=0, len;
      len = length(p)
      for (i = 0; i <len; i++) {
            if ( p->data    > 0)
                  num++;
            p = p->next;
      }
      *k = num
}
```

（4 分）

2） while(p) 或其他相同功能的语句 （2 分）

3） L1 和 L2 的代码没有数据依赖，完全可以并行。（2 分）
CPE 的下限为 3+1=4。（2 分）

得分

第八题（10 分）

假设存在一个能够存储四个 Block 的 Cache，每一个 Block 的长度为 2Byte。假设内存空间大小共是 16Byte，即内存空间地址长度一共是 4bit，可访问地址为(0~15)，数据访问地址序列如下所示，访问数据单位是 Byte，默认替换策略是 LRU。

2　3　10　9　6　8

1）如果 Cache 的结构是下图所示（S=2，　E=2），请在下图空白处填入访问上述六次数据访问后 Cache 的状态。注：用[0-1]表示地址 0 至 1 上对应的数据（4 分）

	V	TAG	Block	V	TAG	Block
set0	1	10	[8-9]	0		
set1	1	01	[6-7]	1	10	[10-11]

2）这六次数据访问一共产生了多少次 Miss _____ （2 分）

答案：4

3）如果 Cache 的替换策略改成 MRU（即，最近使用的数据被替换出去），请在下图空白处填入访问上述六次数据访问后 Cache 的状态（2 分）。

	V	TAG	Block	V	TAG	Block
set0	1	10	[8-9]	0		
set1	1	00	[2-3]	1	01	[6-7]

4）这六次数据访问一共产生了多少次 Miss _____ （2 分）

答案：4