## 第一题 选择题（每小题2分，共34分）

（每小题有一个或多个正确答案）

1、变量*x*的值为0x01234567，地址 &*x* 为 0x100；则该变量的值在 x86 和 Sun 机器内存中的存储排列顺序正确的是（ ）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 选项 | 机器类型 | 地址 | | | |
| 0x100 | 0x101 | 0x102 | 0x103 |
| A | x86 | 67 | 45 | 23 | 01 |
| Sun | 01 | 23 | 45 | 67 |
| B | x86 | 76 | 54 | 32 | 10 |
| Sun | 01 | 23 | 45 | 67 |
| C | x86 | 01 | 23 | 45 | 67 |
| Sun | 67 | 45 | 23 | 01 |
| D | x86 | 01 | 23 | 45 | 67 |
| Sun | 01 | 23 | 45 | 67 |

答案：A

考察大端、小端；同时sun是大端、x86是小端

2、假设下列int和unsigned数均为32位，

int *x* = 0x80000000;

unsigned *y* = 0x00000001;

int *z* = 0x80000001;

以下表达式正确的是（ ）

A. (-*x*) < 0

B. (-1) > *y*

C. (*z*<<3) == (*z*\*8)

D. *y*\*24 == *z*<<5 - *z*<<3

答案:ABCD；考虑到运算符的优先顺序，选ABC也算对

A. int中0x80000000的相反数还是自己

B. signed (-1) 和 unsinged y 比较，都按照 unsigned，所以强制类型转换后 （-1）很大

C: unsigned, signed左移三位 = \*8

D：应该是相等关系；signed 左移之后，和 unsigned y\*24 相比都看成 unsigned

3、 对*x* = 和 *y* = 进行小数点后两位取整（rounding to nearest even), 结果正确的是（ ）

A. , B. 1, C. , D. 1,

答案：D

x= 1.00100 half way and down --> 1.00

y = 1.01100 half way and up-->1.10

4、 在完成Bomb Lab的时候，通常先执行gdb bomb启动调试，然后执行 \_\_\_ explode\_bomb命令以防引爆炸弹，之后在进行其他必要的设置后，最后执行\_\_\_命令以便开始执行程序。上述两个空格对应的命令是（ ）

A. st, ru B. br, go C. br, ru D. st, go

答案：c

说明：根据之前的讨论，出一道题目检查同学们是否自己做过lab

5、已知函数int x( int n ) { return n\*\_\_\_\_; } 对应的汇编代码如下：

lea (%rdi, %rdi, 4), %rdi  
lea (%rdi, %rdi, 1), %eax  
retq

请问横线上的数字应该是（ ）

A. 4 B. 5 C. 2 D. 10

答案：D

说明：此题目考察对于乘法的转换，难度较低，适合出选择题。还可以把乘法换成除法，就可以出大题或者简答题。

6、32位x86计算机、Windows操作系统下定义的一个structure S包含三个部分： double a, int b, char c, 请问S在内存空间中最多和最少分别能占据多少个字节（32位Windows系统按1、4、8的原则对齐char、int、double）？答：（ ）

A. 16, 13

B. 16, 16

C. 24, 13

D. 24, 16

答案：D 考虑对齐,windows double按8字节对齐，最长 c, a, b，最短 a,b,c

7、x86体系结构的内存寻址方式有多种格式，请问下列哪些指令是正确的：（ ）

A. movl $34, (%eax)

B. movl (%eax), %eax

C. movl $23, 10(%edx, %eax)

D. movl (%eax), 8(%ebx)

答案：ABC，寻址不支持内存到内存的访问

8、 x86体系结构中，下面哪些选项是错误的？答：（ ）

A. leal指令只能够用来计算内存地址

B. x86\_64机器可以使用栈来给函数传递参数

C. 在一个函数内，改变任一寄存器的值之前必须先将其原始数据保存在栈内

D. 判断两个寄存器中值大小关系，只需要SF（符号）和ZF（零）两个conditional code

答案：ACD

9、下面对RISC和CISC的描述中，错误的是：（ ）

A. CISC指令系统中的指令数目较多，有些指令的执行周期很长；而RISC指令系统中通常指令数目较少，指令的执行周期都较短。

B. CISC指令系统中的指令编码长度不固定；RISC指令系统中的指令编码长度固定，这样使得RISC机器可以获得了更短的代码长度。

C. CISC指令系统支持多种寻址方式，RISC指令系统支持的寻址方式较少。

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，可以通过寄存器来传递参数，避免了不必要的存储访问。

答案：BD

10、下面对流水线技术的描述，正确的是：（ ）

A. 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。

B. 不断加深流水线级数，总能获得性能上的提升。

C. 流水级划分应尽量均衡，吞吐率会受到最慢的流水级影响。

D. 指令间的数据相关可能会引发数据冒险，可以通过数据转发或暂停流水线来解决。

答案：CD

(11-13)、在教材所描述的流水线处理器（the PIPE processor）上分别运行如下四段Y86程序代码。请分析其中数据冒险的具体情况，并回答后续3个小题。

|  |  |
| --- | --- |
| #Program 1:  mrmovl 8(%ebx), %edx  rmmovl %edx, 16(%ecx) | #Program 2:  mrmovl 8(%ebx), %edx  nop  rmmovl %edx, 16(%ecx) |
| #Program 3:  mrmovl 8(%ebx), %edx  nop  nop  rmmovl %edx, 16(%ecx) | #Program 4:  mrmovl 8(%ebx), %edx  nop  nop  nop  rmmovl %edx, 16(%ecx) |

11、对于每段程序，请指出是否会因为数据冒险导致流水线停顿（Stall）。

Program 1：（ ），Program 2：（ ），Program 3：（ ），Program 4：（ ）；

A. Stall B. No-Stall

答案： A, B, B, B

12、对于每段程序，请指出流水线处理器内是否会产生数据转发（Forwarding）。

Program 1：（ ），Program 2：（ ），Program 3：（ ），Program 4：（ ）；

A. Forwarding B. No-Forwarding

答案: A,A,A,B

13、对于每段程序，请指出流水线处理器内使用哪个信号进行数据转发，如果不进行数据转发，则用none表示。

Program 1：（ ），Program 2：（ ），Program 3：（ ），Program 4：（ ）；

A. m\_valM B. W\_valM C. none

答案: A,A,B,C

14、下面哪些选项是错误的？答：（ ）

A. 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

B. 编译器进行程序优化时，总是可以使用算数结合律来减少计算量

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

D. 分支预测时，“总是预测不跳转”（branch not taken）一定比“总是预测跳转”（branch taken）预测准确率高

答案：ABD

15、以下哪些程序优化编译器总是可以自动进行？（假设int i, int j, int A[N], int B[N], int m都是局部变量，N是一个整数型常量，int foo(int) 是一个函数）答：（ ）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 优化前 | 优化后 |
| A. | for (j = 0 ; j < N ; j ++)  m + = i\*N\*j; | int temp = i\*N;  for (j= 0 ; j < N ; j ++)  m + = temp \* j; |
| B. | 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; |
| C. | for (j = 0 ; j < N ; j ++)  m = (m + A[j]) + B[j]; | for (j = 0 ; j < N ; j ++)  m = m + (A[j] + B[j]); |
| D. | for (j = 0 ; j < foo(N) ; j ++)  m ++; | int temp = foo(N);  for (j= 0 ; j < temp ; j ++)  m ++; |

答案：AC

16、如果直接映射高速缓存大小是4KB，并且块（block）大小为32字节，请问它每组（set）有多少行（line）？答：（ ）

A. 128 B. 64 C. 32 D. 1

答案：D

17、关于局部性（locality）的描述，不正确的是：（ ）

A. 数组通常具有很好的时间局部性

B. 数组通常具有很好的空间局部性

C. 循环通常具有很好的时间局部性

D. 循环通常具有很好的空间局部性

答案：A

## 第二题（8分）

1）判断下表中每一行表达式对或错。如果错，请举出反例或简要说明原因（每行1分）

int *x*, *y*;

unsigned *u*, *v*;

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | True or false | 原因或举出反例 |
| if *x*<0, then *x*\*2 <0 |  |  |
| *u*<= -1 |  |  |
| if *x*> *y*, then -*x* < -*y* |  |  |
| if *u*> *v*, then -*u* > -*v* |  |  |

答案

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | True or false | 原因或举出反例 |
| if *x*<0, then *x*\*2 <0 | F | X= -2w-1 |
| *u*<= -1 | T | -1作为无符号来比大于u |
| if *x*> *y*, then -*x* < -*y* | F | X=0, y= -2w-1 |
| if *u*> *v*, then -*u* > -*v* | F | U=2, v=1 |

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 ×M×2E的表达式，然后给出十六进制的表示。（每格1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 ×M×2E，1<=M<2 | Hex representation |
|  |  |  |
| 2-149 |  |  |

答案

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Value | (-1)s x M x 2E  1<=M<2 | Hex representation |
|  | (-1)x 1.1 x 20 | 0xBFC00000 |
| 2-149 | 1.0 x 2-149 | 0x00000001 |

## **第三题 （11分）**

**阅读下面的C代码：**

**/\***

**\* Copyright (C) 2013 Davidlohr Bueso <davidlohr.bueso@hp.com>**

**\***

**\* Based on the shift-and-subtract algorithm for computing integer**

**\* square root from Guy L. Steele.**

**\*/**

**/\*\***

**\* int\_sqrt - rough approximation to sqrt**

**\* @x: integer of which to calculate the sqrt**

**\***

**\* A very rough approximation to the sqrt() function.**

**\*/**

**unsigned long int\_sqrt(unsigned long x)**

**{**

**unsigned long b, m, y = 0;**

**if (x <= 1)**

**return x;**

**m = 1UL << (BITS\_PER\_LONG - 2);**

**while (m != 0) {**

**b = y + m;**

**y >>= 1;**

**if (x >= b) {**

**x -= b;**

**y += m;**

**}**

**m >>= 2;**

**}**

**return y;**

**}**

**1）在64位的机器上BITS\_PER\_LONG的定义为long类型的二进制位数，它是多少位？**

**2）填写下面反汇编中的缺失的内容：**

<int\_sqrt>:

4004c4: push %rbp

4004c5: mov %rsp,%rbp

4004c8: mov %rdi,-0x28(%rbp)

4004cc: movq (1) ,-0x8(%rbp)

4004d4: cmpq $0x1,-0x28(%rbp)

4004d9: ja (2) <int\_sqrt+??>

4004db: mov -0x28(%rbp),%rax

4004df: jmp (3) <int\_sqrt+??>

4004e1: movl $0x0,-0x10(%rbp)

4004e8: movl (4) ,-0xc(%rbp)

4004ef: jmp (5) <int\_sqrt+??>

4004f1: mov -0x10(%rbp),%rax

4004f5: mov -0x8(%rbp),%rdx

4004f9: lea (6) ,%rax

4004fd: mov %rax,-0x18(%rbp)

400501: shrq -0x8(%rbp)

400505: mov -0x28(%rbp),%rax

400509: cmp -0x18(%rbp),%rax

40050d: jb (7) <int\_sqrt+??>

40050f: mov -0x18(%rbp),%rax

400513: sub %rax,-0x28(%rbp)

400517: mov -0x10(%rbp),%rax

40051b: add %rax,-0x8(%rbp)

40051f: shrq (8) ,-0x10(%rbp)

400524: cmpq $0x0,-0x10(%rbp)

400529: jne (9) <int\_sqrt+??>

40052b: mov -0x8(%rbp), (10)

40052f: leaveq

400530: retq

**答案：**

**1、 答：64**

**2、**

<int\_sqrt>:

4004c4: push %rbp

4004c5: mov %rsp,%rbp

4004c8: mov %rdi,-0x28(%rbp)

4004cc: movq $0x0,-0x8(%rbp)

4004d4: cmpq $0x1,-0x28(%rbp)

4004d9: ja 4004e1 <int\_sqrt+0x1d>

4004db: mov -0x28(%rbp),%rax

4004df: jmp 40052f <int\_sqrt+0x6b>

4004e1: movl $0x0,-0x10(%rbp)

4004e8: movl $0x40000000,-0xc(%rbp)

4004ef: jmp 400524 <int\_sqrt+0x60>

4004f1: mov -0x10(%rbp),%rax

4004f5: mov -0x8(%rbp),%rdx

4004f9: lea (%rdx,%rax,1),%rax

4004fd: mov %rax,-0x18(%rbp)

400501: shrq -0x8(%rbp)

400505: mov -0x28(%rbp),%rax

400509: cmp -0x18(%rbp),%rax

40050d: jb 40051f <int\_sqrt+0x5b>

40050f: mov -0x18(%rbp),%rax

400513: sub %rax,-0x28(%rbp)

400517: mov -0x10(%rbp),%rax

40051b: add %rax,-0x8(%rbp)

40051f: shrq $0x2,-0x10(%rbp)

400524: cmpq $0x0,-0x10(%rbp)

400529: jne 4004f1 <int\_sqrt+0x2d>

40052b: mov -0x8(%rbp),%rax

40052f: leaveq

400530: retq

## **第四题（10分）**

**阅读下面的汇编代码：**

<f>:

4004c4: push %rbp

4004c5: mov %rsp,%rbp

4004c8: sub $0x10,%rsp

4004cc: mov %edi,-0x4(%rbp)

4004cf: cmpl $0x1,-0x4(%rbp)

4004d3: ja 4004dc <f+0x18>

4004d5: mov $0x1,%eax

4004da: jmp 40052d <f+0x69>

4004dc: mov -0x4(%rbp),%eax

4004df: and $0x1,%eax

4004e2: test %eax,%eax

4004e4: jne 4004f5 <f+0x31>

4004e6: mov 0x200440(%rip),%eax # 60092c <x.1604>

4004ec: add $0x1,%eax

4004ef: mov %eax,0x200437(%rip) # 60092c <x.1604>

4004f5: mov -0x4(%rbp),%eax

4004f8: and $0x1,%eax

4004fb: test %al,%al

4004fd: je 40050e <f+0x4a>

4004ff: mov 0x20042b(%rip),%eax # 600930 <y.1605>

400505: add $0x1,%eax

400508: mov %eax,0x200422(%rip) # 600930 <y.1605>

40050e: mov -0x4(%rbp),%eax

400511: sub $0x1,%eax

400514: mov %eax,%edi

400516: callq 4004c4 <f>

40051b: mov 0x20040f(%rip),%edx # 600930 <y.1605>

400521: lea (%rax,%rdx,1),%edx

400524: mov 0x200402(%rip),%eax # 60092c <x.1604>

40052a: lea (%rdx,%rax,1),%eax

40052d: leaveq

40052e: retq

**1）程序**

main()

{

unsigned int n;

for (n=1; n< 4; n++) {

printf("f(%d) = %x\n", n, f(n));

}

}

**的运行结果为：f(1)=1，f(2)=4e，f(3)=9f，请填写f函数所需要的内容（每空1分）：**

#define N (1)

#define M (2)

struct P1 {char c[N]; char \*d[N]; char e[N]; } P1;

struct P2 {int i[M]; char j[M]; short k[M]; } P2;

unsigned int f(unsigned int n)

{

(3) unsigned int x = sizeof(P1);

(4) unsigned int y = sizeof(P2);

if ( (5) )

return 1;

if ( (6) )

x++;

if ( (7) )

y++;

return (8) ;

}

2、程序

main()

{

printf("%x, %x\n", f(2), f(2));

}

的运行结果为：（2分）

1、答案：

#define N 3

#define M 5

struct P1 {char c[N]; char \*d[N]; char e[N]; } P1;

struct P2 {int i[M]; char j[M]; short k[M]; } P2;

unsigned int f(unsigned int n)

{

static unsigned int x = sizeof(P1);

static unsigned int y = sizeof(P2);

if (n<=1)

return 1;

if ((n & 1) == 0)

x++;

if ((n & 1) == 1)

y++;

return f(n-1) + (y) + (x);

}

**2、答案：4f, 4e （回答4e, 4f给一半的分）**

## 第五题（9分）



在“取指-译码-执行-写回”的四级流水线中，各流水级的工作内容和延迟如上图所示，寄存器的延迟也已标出。数据和指令分别存放在不同的存储器中。Cycle N写入寄存器文件的数据Cycle N+1才可读出。请问：

1）若不考虑流水线填充和清空时间，请计算该处理器的吞吐率。（1分）

2）若将该处理器改造为单周期处理器（SEQ），请计算SEQ处理器的吞吐率。（1分）

3）在上述流水线中，执行阶段包含了访问数据存储的时间。对于如下的Y86程序段，指令间存在哪些数据相关（dependence），会引起哪些数据冒险（hazard）？（5分）

Prog:

irmovl $128, %edx #instr1

irmovl $3, %ecx #instr2

rmmovl %ecx, 0(%edx) #instr3

irmovl $10, %ebx #instr4

mrmovl 0(%edx), %eax #instr5

addl %ebx, %eax #instr6

4）以上的数据冒险，可以通过转发（forward）的方法解决。请结合上述程序代码和流水线结构图逐个说明解决方案。（2分）

答案：

1）1000/(280 + 20) = 1000/300 = 3.33GIPS

2）1000/(80 +60 +280 + 60 +20) = 1000/ 500 = 2 GIPS

3）

Prog：

irmovl $128, %edx ; 1、dx= 128

irmovl $3, %ecx ; 2、cx= 3

rmmovl %ecx, 0(%edx) ; 3、[dx] = cx

irmovl $10, %ebx ; 4、bx= 10

mrmovl 0(%edx), %eax ; 5、ax= [dx]

addl %ebx, %eax ; 6、bx = bx + ax

相关：1-3，2-3, 1-5，4-6，5-6

冒险：1-3，2-3，4-6，5-6

4）2-3，5-6：执行到译码的转发通路解决；1-3,4-6：写回到译码的转发通路解决。

## 第六题（9分）

请分析Y86 ISA中定义的两条指令（cmovXX、call）和一条新加入Y86 ISA的IA32指令（decl：将操作数减1）。若在教材所描述的SEQ处理器上执行这些指令，请按下表填写每个阶段进行的操作。如果在某一阶段没有任何操作，请填写none指明。

注1、所用到的指令编码为：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| cmovXX rA, rB | 2 | fn | rA | rB |
| call Dest | 8 | 0 | Dest | | |
| decl rA | C | 0 | rA | F |

注2、需说明的信号包括：icode, ifun, rA, rB, valA, valB, valC, valE, valP；the register file R[], data memory M[], Program counter PC, condition codes CC。

（每格0.5分）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Stage | cmovXX rA, rB | call Dest | decl rA |
| Fetch | icode:ifun ← M1[PC]  rA:rB ← M1[PC+1]  valP ← PC+2 | icode:ifun ← M1[PC]  valC ← M4[PC+1]  valP ← PC+5 | icode:ifun ← M1[PC]  rA:rB ← M1[PC+1]  valP ← PC+2 |
| Decode | valA ← R[rA] | valB ← R[%esp] | valA ← R[rA] |
| Execute | valE ← 0+valA  Cnd ← Cond(CC,ifun)  （也可以写Set CC） | valE ← valB+(-4) | valE ← valA+(-1)  Cnd ← Cond(CC,ifun)  （也可以写Set CC） |
| Memory | none | M4[valE] ← valP | none |
| Write back | if(Cnd) R[rB] ← valE | R[%esp] ← valE | R[rA] ← valE |
| PC update | PC ← valP | PC ← valC | PC ← valP |

## 第七题（10分）

已知如下的汇编程序实现了函数transform(char\* src, char\* tgt, char delta)

transform:

jmp L2

L1:

add %edx, %eax

add $1, $rdi

mov %al, (%rsi)

add $1, $rsi

L2:

movzbl (%rdi), %eax

test %al, %al

jne L1

movb $0, (%rsi)

retq

参考信息：64位指令集中传递前三个参数分别使用寄存器%rdi, %rsi和%rdx

1）写出transform函数对应的C语言版本（2分）

2）假设读写访存指令延迟为20个时钟周期，其他指令延迟为2个时钟周期，所有分支预测都成功。同时CPU包含足够多的部件来实现指令集并行，那么在最理想情况下CPE最低应该是多少（2分）？为什么（2分）？

3）已知src对应字符串中每个字符c都满足0<c<=80且0<=delta<=5。通过下面的改写，可以把transform程序CPE的理论下限降低一半，请填空。假设程序运行在小端法机器上。（每空1分）

void transform(char\* src, char\* tgt, char delta) {  
 short x = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_;  
 while(\*src && \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_) {  
 \*(short\*)tgt = \*(short\*)src + x;  
 src += 2;  
 tgt += 2;  
 }  
 \*(short\*)tgt = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ? \*(short\*)src + delta : \*(short\*)tgt &\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_;  
}

答案：

1. {while(\*src) \*tgt++ = \*src++ + delta; \*tgt = 0;}
2. 42  
   每次循环的关键路径为 读内存、做加法、写内存，该路径需要42个时钟周期。  
   本题陷阱：同学可能会受书上的例子误导认为做加法可以和下一个时钟周期的读内存并行，使得CPE降到40，但实际上因为src和tgt指向的位置可能重叠，我们不能把下一次迭代的读操作移动到这一次的写操作之前。
3. (((short) delta) << 8) + delta  
   \*(src+1)  
   0xFF00  
   \*src

## 第八题（9分）

假设存在一个能够存储四个数据的Cache，每一个line的长度（B）为2字节。假设内存空间的地址一共是32字节，既内存空间地址长度一共是5个比特：从0（00000）到31（11111），一共有8个数据读取操作，每个操作的地址按顺序如下所示（单位是字节），数据替换采用LRU（least recently used）策略。

数据访问地址： 1 -> 4 -> 17 –> 2 –> 8 -> 16 –> 9->0

1） 如果Cache的结构是directed mapped（S=4， E=1），如下图所示，请在下图空白处填入，访问上述数据序列访问后Cache的状态。（注：TAG使用二进制格式，V=1代表数据有效，用[A-B]表示地址A到B之间对应的数据）（4分）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **V** | **TAG** | **DATA** |
| 1 | 00 | M[0-1] |
| 1 | 00 | M[2-3] |
| 1 | 00 | M[4-5] |
| 0 |  |  |

1. 如果cache的结构如下图所示既(S = 2, E = 2)， 请填入访问后的状态 （2分）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| V | TAG | DATA | V | TAG | DATA |
| 1 | 000 | M[0-1] | 1 | 010 | M[8-9] |
| 1 | 000 | M[2-3] | 0 |  |  |

在这种情况下，数据访问一共产生了多少次Miss \_\_\_\_\_6\_\_\_\_\_ （1分）

（顺序 M-> M-> M-> M-> M-> H->H-> M）

3）如果cache的结构变成 （S=1， E=4），最终存储在Cache里面的数据有那些（注：只需要填写数据部分，顺序不限）？

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ （2分）

M[0-1] , M[8-9], M[16-17], M[2-3]

说明：1 -> 4 -> 17 –> 2 –> 8 -> 16 –> 9->0 （后四个不重复数据）