考试科目名称　计算机系统基础　（A 卷）

2016—2017 学年第 1 学期　教师 袁春风 路通 苏丰 唐杰 汪亮　　考试方式：开卷

系（专业）　计算机科学与技术　　年级　2015　　班级＿＿＿＿

学号＿＿＿＿＿＿＿＿　　姓名＿＿＿＿＿＿　　成绩＿＿＿＿＿

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	十三
分数													

某生写了一个 C 语言程序，用于计算 $f(n)=2^n+2^{n-1}+\cdots+2^0=11\cdots1B$（n+1 个 1）。该程序有两个源文件：main.c 和 test.c，它们的内容如下图所示。

```
/* main.c */
1    #include <stdio.h>
2    typedef int ret_type;
3    extern ret_type i_max( unsigned int );
4    int inval;
5
6     void main( ) {
7          ret_type result;
8          scanf( "%d", &inval );
9          result = i_max( inval );
10         printf( "Result = %d\n", result );
11   }
```

```
/* test.c */
1    typedef int ret_type;
2    ret_type i_max(unsigned inval) {
3         ret_type sum, tmp;
4         unsigned i;
5         sum = 1;    tmp = 1;
6         for( i=0; i<=inval-1; i++ ) {
7              tmp = tmp* 2;
8              sum = sum + tmp;
9         }
10   return sum;
11   }
```

假设在 IA-32/Linux 平台上用 GCC 编译驱动程序处理，main.c 和 test.c 的可重定位目标文件名分别是 main.o 和 test.o，生成的可执行文件名为 test。使用“objdump –d test”得到反汇编后的部分结果如下。

```
0804844b <i_max>:
 804844b:       55                      push   %ebp
 804844c: 89 e5                   mov    %esp,%ebp
 804844e: 83 ec 10                sub    $0x10,%esp
 8048451: c7 45 fc 01 00 00 00    movl   $0x1,-0x4(%ebp)
 8048458: c7 45 f8 01 00 00 00    movl   $0x1,-0x8(%ebp)
 804845f: c7 45 f4 00 00 00 00    movl   $0x0,-0xc(%ebp)
 8048466: eb 0d                   jmp    8048475 <i_max+0x2a>
 8048468: d1 65 f8                shll   -0x8(%ebp)
 804846b:       8b 45 f8                mov    -0x8(%ebp),%eax
 804846e: 01 45 fc                add    %eax,-0x4(%ebp)
 8048471: 83 45 f4 01             addl   $0x1,-0xc(%ebp)
 8048475: 8b 45 08                mov    0x8(%ebp),%eax
 8048478: 83 e8 01                sub    $0x1,%eax
 804847b:       3b 45 f4                cmp    -0xc(%ebp),%eax
 804847e: 73 e8                   jae    8048468 <i_max+0x1d>
 8048480: 8b 45 fc                mov    -0x4(%ebp),%eax
 8048483: c9                      leave
 8048484: c3                      ret

08048485 <main>:
 8048485: 8d 4c 24 04             lea    0x4(%esp),%ecx
 ……     ……                 ……
 8048499: 68 b0 97 04 08          push   $0x80497b0
 804849e: 68 70 85 04 08          push   $0x8048570
 80484a3: e8 98 fe ff ff          call   8048340 <__isoc99_scanf@plt>
```

```
80484a8:83 c4 10                add     $0x10,%esp
80484ab:    a1 b0 97 04 08          mov     0x80497b0,%eax
80484b0:    83 ec 0c                sub     $0xc,%esp
80484b3:    50                      push    %eax
80484b4:    e8 92 ff ff ff          call    804844b <i_max>
……    ……                ……
```

回答下列问题或完成下列任务。

（提示：IA-32 为小端方式，按字节编址，字长为 32 位，即 sizeof(int)=4，页大小为 4KB，虚拟地址空间中的只读数据和代码段、可读写数据段都按 4KB 边界对齐）

一、执行程序时，该生在键盘上输入 0 后程序一直没有反应，为什么？此时，若在键盘上按下“Ctrl+C”即可让程序退出执行，这种导致程序终止的事件属于内部异常还是外部中断？从键盘上按下“Ctrl+C”到程序终止过程中计算机系统进行了哪些处理？（要求用 100~200 字简要描述处理过程）（8 分）

答：因为 i_max 函数的入口参数为 0 时，inval-1=-1，其机器数为 11…1，因此，for 循环的终止条件“i>inval-1”永远不会满足，for 循环为死循环，因而程序没有反应。（2 分）

用按键 Ctrl+C 终止程序属于外部中断。（1 分）

中断过程（略）（5 分）

二、若把 test.c 中所有 unsigned 改为 int，则 i_max 函数的反汇编结果中哪条指令会发生改变？应改变成什么指令？（2 分）

答：应该将 jae 改成 jge。（2 分）

三、在键盘上输入 31 时程序执行结果为 Result =−1，为什么？若输入 32，则程序执行结果是什么？（4 分）

答：因为 inval=31，函数 i_max 返回的机器数为 32 个 1，按照%d 格式解释，为带符号整数−1。（2 分）

inval=32 时，程序执行结果还是−1。（2 分）

四、为了在更大输入值时也能正确执行，该生把程序中的 ret_type 改成 float 类型，i_max 函数名改为 f_max，printf 函数中%d 改成%f。结果发现当键盘输入值超过 23 时，i_max 的返回值总是比 f_max 的返回值小 1，例如，输入 24 时，前者为 33554431，后者为 33554432.000000。为什么？当输入为 127 时，函数 f_max 的返回值为 inf，为什么？此时返回结果的机器数是什么？（提示：inf 为无穷大）（6 分）

答：inval=24 时，对应的结果应该为 25 个 1，而 float 型有效数字只有 23+1=24 位，故函数 f_max 返回的值有舍入。舍入位为 1，舍入后尾数加 1，数值变大。（2 分）

inval=127 时，对应的精确结果应该为 128 个 1，即 $1.11\cdots1\times2^{127}$。但程序在计算过程中会发生舍入，用 float 型格式表示时，23 位尾数后面的 1 舍入后会有进位，因而尾数变为 10.00…0，进行右规操作，尾数右移，阶码加 1，用 float 型格式表示：阶码为 127+127+1=255，即阶码全 1、尾数全 0，结果为无穷大。（3 分）

结果的机器数为 0 1111 1111 000 0000 0000 0000 0000 0000B=7F80 0000H。（1 分）

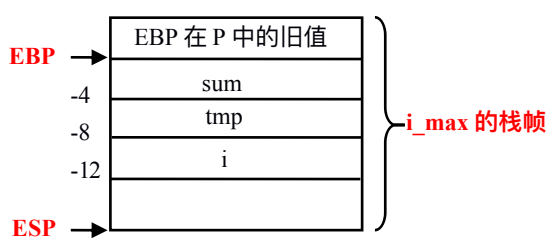
五、i_max 函数中哪条指令实现了 tmp=tmp*2 的功能？对于第四题中提到的函数 f_max，能否也不用乘法指令来实现 tmp=tmp*2？为什么？（4 分）

答：i_max 的机器级代码中，shll 指令是左移指令，左移一位相当于乘 2。（2 分）

对于 f_max 函数，可以用加法指令来实现乘 2 功能。（2 分）

六、根据反汇编结果画出 i_max 函数（过程）的栈帧，要求分别用 EBP 和 ESP 标示出 i_max 函数的栈帧底部和顶部，并标出 sum、tmp 和 i 的位置。（6 分）

答：（6 分）



七、该进程的只读代码段和可读写数据段的起始地址各是什么？main.c 和 test.c 中各定义了哪几个符号？这些符号分别在哪个段中定义？库函数 scanf 和 printf 中格式符（如"%d"）在哪个段中定义？（8 分）

答：只读代码段和可读写数据段的起始地址分别是 0x8048000 和 0x8049000。（2 分）
main.c 中定义了一个全局变量 inval 和一个函数 main。（2 分）
test.c 中定义了一个函数 i_max。（1 分）
函数 main 和 i_max 定义在只读代码段内；inval 定义在可读可写数据段内。（2 分）
格式符（如"%d"）在只读代码段中定义。（1 分）

八、填写下表中各标识符的情况，说明每个标识符是否出现在 test.o 的符号表（.symtab 节）中，如果是的话，进一步说明定义该符号的模块是 main.o 还是 test.o、该符号的类型是全局、外部还是本地符号、该符号出现在 test.o 中的哪个节（.text、.data 或.bss）。（6 分）

标识符	在 test.o 的符号表中?	定义模块	符号类型	节
i_max				
inval				
sum				

答：

标识符	在 test.o 的符号表中?	定义模块	符号类型	节
i_max	是	test.o	全局	text
inval	否	-	-	-
sum	否	-	-	-

九、地址 0x8048480 处的 mov 指令中，源操作数采用什么寻址方式？若 R[ebp]=0xbfff f000，则源操作数的有效地址是多少？源操作数的访问过程需要经过哪些步骤？（要求从有效地址计算开始进行简要说明，包括何时判断及如何判断 TLB 缺失、缺页和 cache 缺失等，300 字左右）（18 分，若能结合题目中给出的具体例子清楚描述 IA-32/Linux 中的地址转换过程，则额外加 10 分）

答：采用“基址+位移量”寻址方式。（1 分）
有效地址 EA=R[ebp]-0x4 = 0xbfff f000-4 = 0xbfff effc（2 分）
操作数的访问过程（略）。（15 分）

十、已知页大小为 4KB，主存地址位数为 32 位。假设代码 Cache 的数据区大小为 32KB，采用 8 路组相联映射方式，主存块大小为 64B，采用 LRU 替换算法和回写（Write Back）策略，则主存地址如何划分？代码 Cache 的总容量是多少？虚拟地址页内偏移（VPO）与 Cache 组索引（CI）和 Cache 块内偏移（CO）之间有什么关系？函数 i_max 的代码将会映射到几个 Cache 组？各自映射到的 Cache 组号是什么？试分析执行 i_max 函数过程中可能发生几次缺失？（20 分）

答：32 位主存地址中，块内地址占 $\log_2 64=6$ 位，代码 Cache 共有 32KB/64B=512 行，分成 512/8=64 组，因此组号（组索引）占 6 位，标记（Tag）字段占 32-6-6=20 位。（3 分）
因为每组 8 路，故每行中 LRU 位占 3 位，还有 1 位修改位、1 位有效位、20 位标记、64B 数据。总容量位数为 512×(3+1+1+20+64×8)=274 944。（4 分）
因为页大小为 4KB，按字节编址，所以页内偏移量占 12 位。即物理地址和虚拟地址的低 12 位完全相同，因此，虚拟地址的低 12 位中，高 6 位为 Cache 组号，低 6 位为块内地址。（2 分）
映射到两个 Cache 组。（1 分）
i_max 代码的虚拟地址中，804844b~804847f 映射到同一个 Cache 组，8048480~8048484 映射到同一组，前者对应组号为 0100 01，后者的对应组号为 0100 10。（2 分）
执行 i_max 函数过程中可能会发生 0 次或 1 次 cache 缺失。（1 分）
虚拟地址 804844b~804847f 范围内的指令中，可能第一条指令会缺失；若在执行 i_max 之前已经有同一个主存块的指令执行过，则不会发生缺失。因为 8048480~8048484 范围内的 3 条指令与 main 中的到

80484b4 处的 call 指令，都在同一个主存块中，对应的 cache 组号为 18，从 call 指令转到 i_max 执行后，i_max 中 804844b~804847f 范围内的指令对应的 cache 组号为 17，不会冲掉已经装入到 cache 第 18 组中的 8048480~8048484 范围内的 3 条指令，因而不会发生缺失。综上所述，执行 i_max 函数过程中可能会发生 0 次或 1 次 cache 缺失。（7 分）

十一、根据反汇编结果回答以下问题并给出理由：在执行 i_max 函数的过程中，是否可能发生缺页异常？是否可能因为溢出而转内核进行相应处理？（6 分）

答：不会发生缺页。（1 分）因为转到 i_max 执行之前，已经执行了 main 函数，它们在同一页，因而 i_max 的代码已经在主存。（2 分）

不会因溢出转内核处理。（1 分） 执行 INTO 指令时，如果 OF=1，则触发异常，需转内核处理。而这里反汇编结果中没有 INTO 指令。（2 分）

十二、printf 语句用于实现从屏幕上显示一个字符串信息。计算机系统如何实现 printf 的功能？（要求从调用 printf 库函数开始简要说明，包括对应哪个系统调用、如何从用户态陷入内核态、内核的大致处理过程等。200 字左右）（12 分）

答：（略）。