计算机系统第一次作业

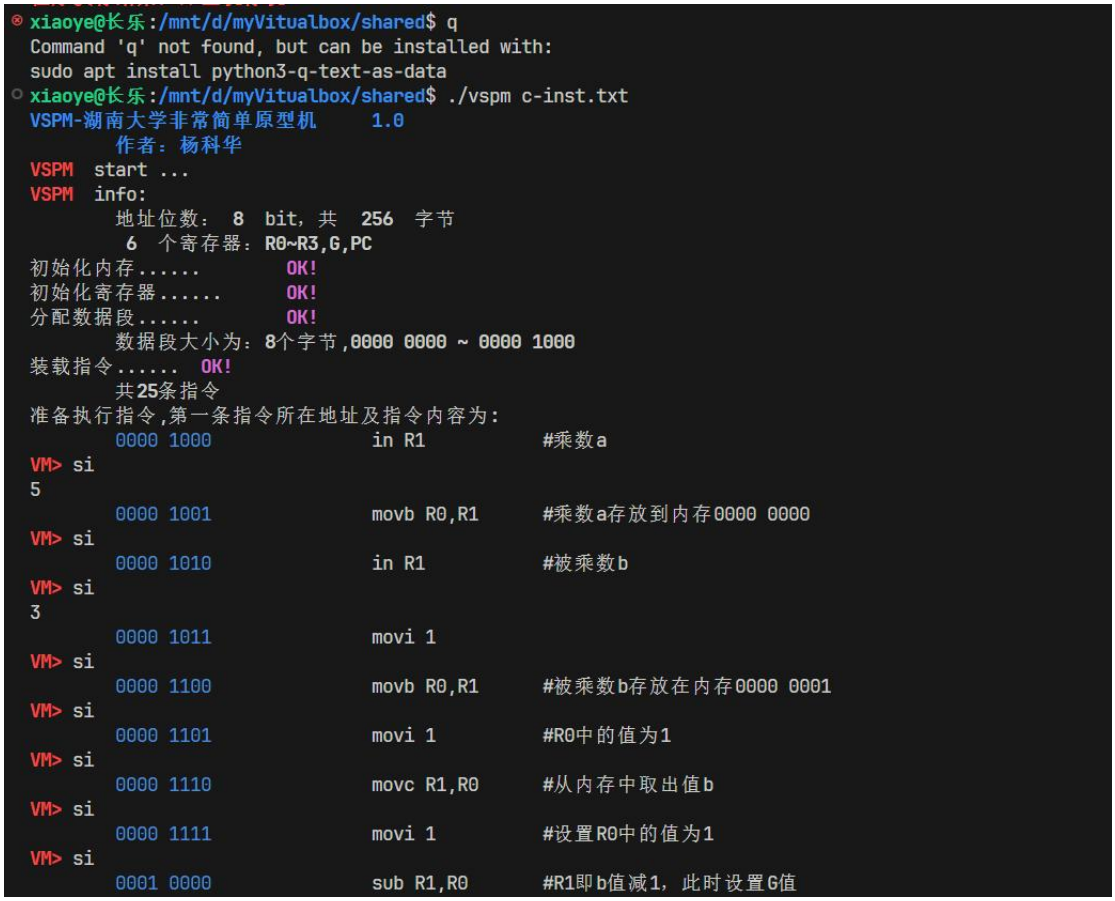
1.（P.33）在本章所设计的原型系统中，实现两个正整数相乘（假设乘积不超过 127），并在虚拟程序中运行。

shared > c-inst.txt

```
8
#两个大于1的正数相乘
in R1        #乘数a
movb R0,R1   #乘数a存放到内存0000 0000
in R1        #被乘数b
movi 1
movb R0,R1   #被乘数b存放在内存0000 0001
        #结果存放在内存 0000 0010
#开始循环
movi 1       #R0中的值为1
movc R1,R0   #从内存中取出值b
movi 1       #设置R0中的值为1
sub R1,R0    #R1即b值减1，此时设置G值
movi 1
movb R0,R1   #b值需要保存回去
movi 0       #R0中设置为0，即内存地址0
movc R2,R0   #取出a值
movi 2       #R0中设置为2，即内存地址0000 0010
movc R1,R0   #取出结果
add R1,R2    #做加法
movb R0,R1   #将结果存回去
movd         #保存当前的PC值到R3
movi -12         #R0的值设置为-12
add R3,R0    #R3的值加-12
jg           #如果第12行的减法设置G为1,就跳转
#循环结束
movi 2       #R0中设置为2，即内存地址0000 0010
movc R1,R0   #取出结果
out R1       #打印结果
halt
```

运行结果：

将两个正整数分别存在两块内存（0x00，0x01）,将最终的结果保存在内存（0x10）。利用累加来实现两个正整数相乘。



sub R1,R0，设置状态寄存器 G，用来控制循环。假如计算 a*b，不妨将 b 看作被乘数。每次循环 b-1。当 b<=1 时，G=0，此时跳出循环；当 b>1 时，G=1，此时循环继续。

```
VM> si
        0001 0001               movi 1
VM> si
        0001 0010               movb R0,R1      #b值需要保存回去
VM> si
        0001 0011               movi 0          #R0中设置为0，即内存地址0
VM> si
        0001 0100               movc R2,R0      #取出a值
VM> si
        0001 0101               movi 2          #R0中设置为2，即内存地址0000 0010
VM> si
        0001 0110               movc R1,R0      #取出结果
VM> si
        0001 0111               add R1,R2       #做加法
VM> si
        0001 1000               movb R0,R1      #将结果存回去
VM> si
        0001 1001               movd            #保存当前的PC值到R3
VM> si
        0001 1010               movi -12        #R0的值设置为-12
VM> si
        0001 1011               add R3,R0       #R3的值加-12
VM> si
        0001 1100               jg              #如果第12行的减法设置G为1,就跳转
VM> si
        0000 1101               movi 1          #R0中的值为1
VM> si
        0000 1110               movc R1,R0      #从内存中取出值b
VM> si
        0000 1111               movi 1          #设置R0中的值为1
VM> si
        0001 0000               sub R1,R0       #R1即b值减1，此时设置G值
VM> si
        0001 0001               movi 1
VM> si
        0001 0010               movb R0,R1      #b值需要保存回去
VM> si
        0001 0011               movi 0          #R0中设置为0，即内存地址0
```

将内存中的乘数和每次累加存放的中间结果取出，做加法，更新结果。

以（5*3）为例，此过程会循环 3 次。

```
VM> si
      0001 0100             movc R2,R0      #取出a值
VM> si
      0001 0101             movi 2          #R0中设置为2，即内存地址0000 0010
VM> si
      0001 0110             movc R1,R0      #取出结果
VM> si
      0001 0111             add R1,R2       #做加法
VM> si
      0001 1000             movb R0,R1      #将结果存回去
VM> si
      0001 1001             movd            #保存当前的PC值到R3
VM> si
      0001 1010             movi -12        #R0的值设置为-12
VM> si
      0001 1011             add R3,R0       #R3的值加-12
VM> si
      0001 1100             jg              #如果第12行的减法设置G为1,就跳转
VM> si
      0000 1101             movi 1          #R0中的值为1
VM> si
      0000 1110             movc R1,R0      #从内存中取出值b
VM> si
      0000 1111             movi 1          #设置R0中的值为1
VM> si
      0001 0000             sub R1,R0       #R1即b值减1，此时设置G值
VM> si
      0001 0001             movi 1
VM> si
      0001 0010             movb R0,R1      #b值需要保存回去
VM> si
      0001 0011             movi 0          #R0中设置为0，即内存地址0
VM> si
      0001 0100             movc R2,R0      #取出a值
VM> si
      0001 0101             movi 2          #R0中设置为2，即内存地址0000 0010
VM> si
      0001 0110             movc R1,R0      #取出结果
```

```
VM> si
      0001 0111             add R1,R2       #做加法
VM> si
      0001 1000             movb R0,R1      #将结果存回去
VM> si
      0001 1001             movd            #保存当前的PC值到R3
VM> si
      0001 1010             movi -12        #R0的值设置为-12
VM> si
      0001 1011             add R3,R0       #R3的值加-12
VM> si
      0001 1100             jg              #如果第12行的减法设置G为1,就跳转
VM> si
      0001 1101             movi 2          #R0中设置为2，即内存地址0000 0010
VM> si
      0001 1110             movc R1,R0      #取出结果
VM> si
      0001 1111             out R1          #打印结果
VM> si
15
      0010 0000             halt
```

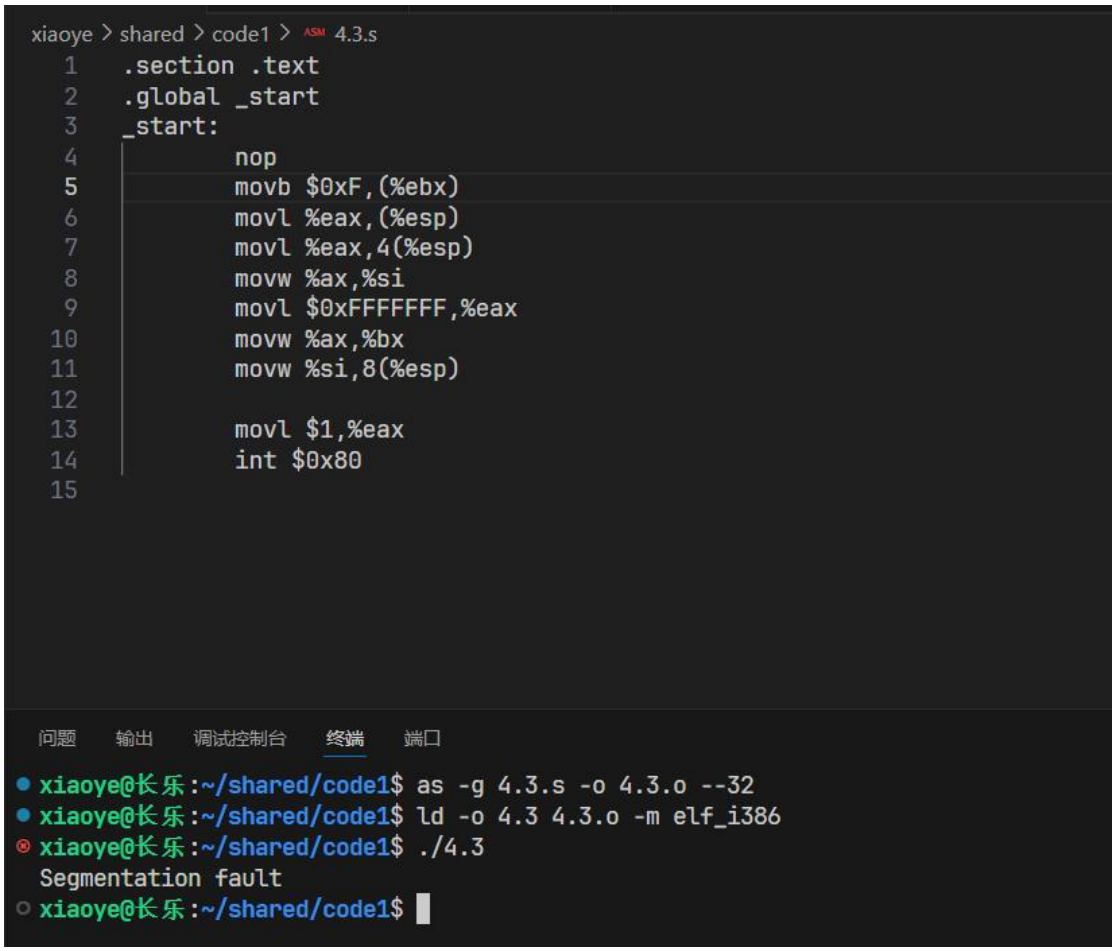
循环结束，累加结果就是相乘的结果。从内存（0x10）取出结果到寄存器 R1，输出 R1。

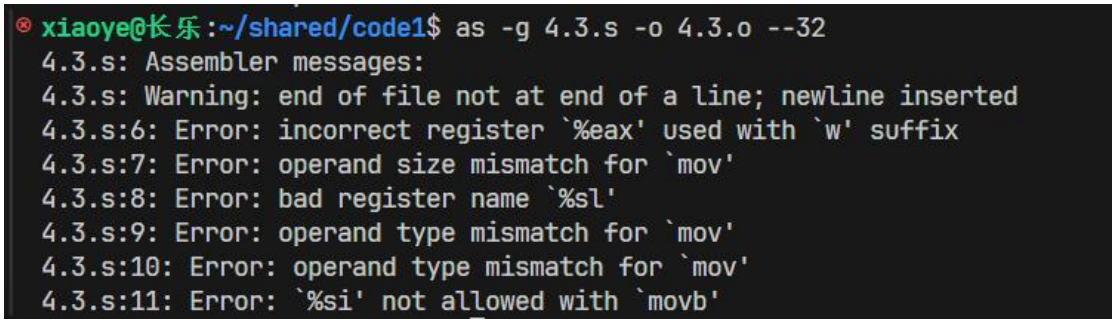
2.（P.47）当我们调用汇编器的时候，下面代码中的每一行都会产生一个错误信息，请在机器上运行，阅读错误提示信息，并解释每一行是哪里出了错，如何修改。

```
movb $0xF,(%ebx)

movw %eax,(%esp)

movl (%eax),4(%esp)

movb %al,%sl

movl %eax,$0xFFFFFFF

movw %eax,%bx

movb %si,8(%esp)
```

shared > code1 > ASM 4.3.s

```
1  .section .text
2  .global _start
3  _start:
4          nop
5          movb $0xF,(%ebx)
6          movw %eax,(%esp)
7          movl (%eax),4(%esp)
8          movb %al,%sl
9          movl %eax,$0xFFFFFFF
10         movw %eax,%bx
11         movb %si,8(%esp)
12         int $0x80
```





4.3.s:5:并没有报错：它的作用是将 8 位立即数 0xF 存储到由寄存器 %ebx 指向的内存地址中。movb 指令是操作 8 位的寄存器/数据。但最后执行时会报段错误。因为 ebx 存储的地址为 0x0，而在现代操作系统中，地址 0x0 是被保护的，不能用于普通程序的读写操作。

4.3.s:5：改正：改变 ebx 中的值；或者将立即数直接加入 bl 中。

4.3.s:6：错误：使用了错误的寄存器 %eax'，它不能与 w' 后缀一起使用。

movw 表示指令操作的是 16 位寄存器/数据。%eax 是 32 位寄存器。

4.3.s:6：改正：movl %eax,(%esp)。

这条指令的作用是将寄存器%eax 中的值移动到栈顶指针%esp 所指向的地址处。%esp 中的值不变，栈顶指针指向的地址中的值为%eax 中的值。

4.3.s:7：错误：mov 指令的操作数大小不匹配。

在 x86 汇编语言中，movl(%eax), 4(%esp)是一个无效的指令。mov 指令不能直接在两个内存地址之间移动数据。要实现从一个内存地址到另一个内存地址的数据传输，需要通过一个寄存器中转。

4.3.s:7：改正：movl %eax,4(%esp)

这条指令的作用是将寄存器%eax 中的值存储到栈顶指针%esp 所指向的地址偏移 4 字节的位置。

4.3.s:8：错误：寄存器名称 `%sl' 无效。

在 x86 汇编语言中，寄存器名称是固定的，%sl 并不是一个有效的寄存器名称。%si 是 x86 架构中的一个 16 位寄存器，全称为 Source Index（源变址寄存器）。同时，我们注意到，movb %al,%si，movb 只能操作 8 位寄存器/数据，%al 也是 8 位寄存器。为了避免出现“使用了错误的寄存器”和“mov 指令的操作数不匹配”的错误。最好使得指令和寄存器相匹配。

4.3.s:8：改正：movw %ax,%si/movb %al,%sil

第一条指令的作用是将 16 位寄存器%ax 的值移动到 16 位寄存器 %si 中；第二题指令的作用是将 16 位寄存器%ax 的值移动到 16 位寄存

器 %si 的低 8 位中。【注意：%sil 只在 64 位模式下有效，在 32 位模式下无效。】

4.3.s:9：错误：mov 指令的操作数类型不匹配。

$0xFFFFFFFF 表示一个立即数（Immediate Value），是直接写在指令中的常量值。不可以作为 mov 指令的目的操作数。

4.3.s:9：改正：movl $0xFFFFFFFF，%eax

这条指令的作用是将 32 位的立即数移动到 32 位寄存器 eax 中。如果将 0xFFFFFFFF 作为内存地址，由于它是一个非常高的内存地址，可能超出程序的合法地址范围。

4.3.s:10：错误：mov 指令的操作数类型不匹配。

movw 指令操作的数据大小为16位。movw不能直接将32位寄存器%eax的值移动到 16 位寄存器%bx 中。

4.3.s:10：改正：movw %ax,%bx

这条指令的作用是将 16 位寄存器%ax 的值移动到 16 位寄存器%bx 中。

4.3.s:11：错误：movb 不允许使用 %si。

movb 是 8 位操作，而 %si 是 16 位寄存器。因此，movb 不能直接操作 %si，因为大小不匹配。

4.3.s:11：改正：movw %si,8(%esp)

这条指令的作用是将 16 位寄存器 %si 的值移动到内存地址 8(%esp) 处。

```
xiaoye > shared > code1 > ASM 4.3.s
 1   .section .text
 2   .global _start
 3   _start:
 4           nop
 5           movb $0xF,%bl
 6           movl %eax,(%esp)
 7           movl %eax,4(%esp)
 8           movw %ax,%si
 9           movl $0xFFFFFFF,%eax
10           movw %ax,%bx
11           movw %si,8(%esp)
12
13           movl $1,%eax
14           int $0x80
15
```

```
问题  输出  调试控制台  终端  端口
xiaoye@长乐:~/shared/code1$ as -g 4.3.s -o 4.3.o --32
xiaoye@长乐:~/shared/code1$ ld -o 4.3 4.3.o -m elf_i386
xiaoye@长乐:~/shared/code1$ ./4.3
xiaoye@长乐:~/shared/code1$
```

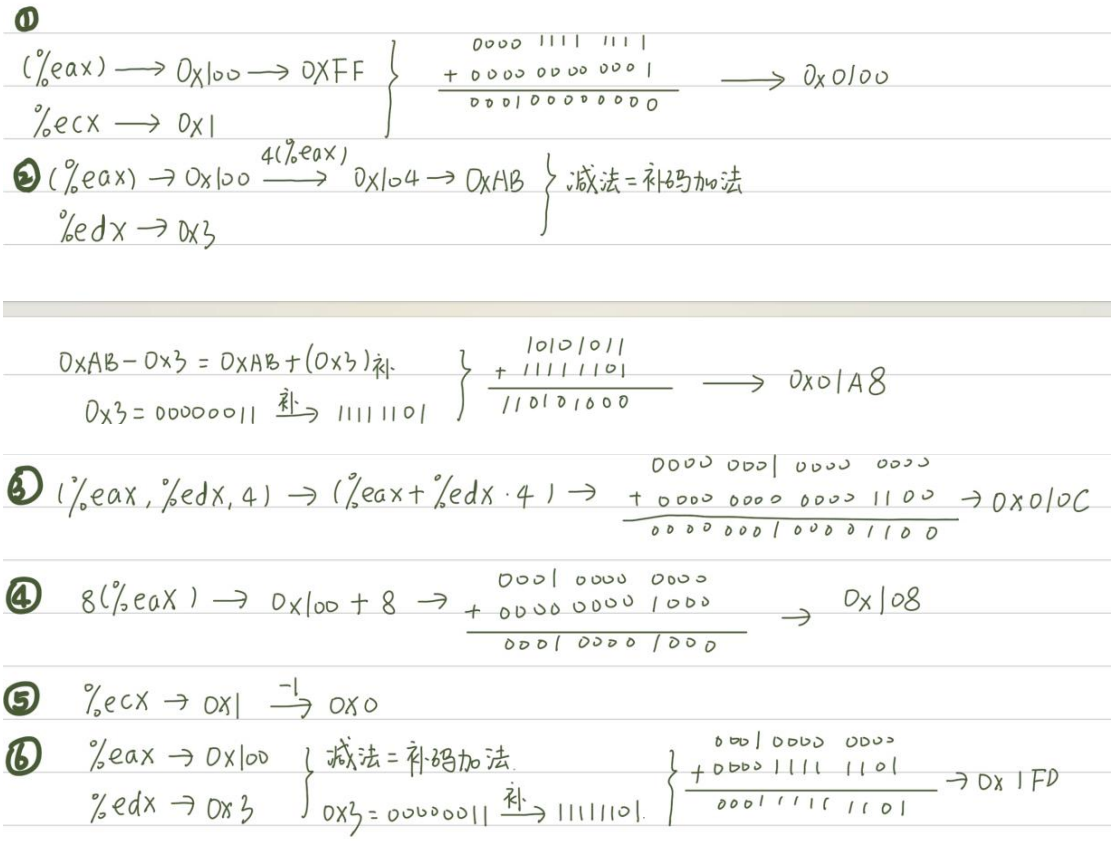
3.（P.48）假设下面的值存放在指定的存储器地址和寄存器中：

地址	值
0x100	0xFF
0x104	0xAB
0x108	0x13
0x10c	0x11

寄存器	值
%eax	0x100
%ecx	0x1
%edx	0x3

填写下表，给出下面的指令的效果，说明被更新的寄存器或存储器的位置，以及得到的值。

指令	目的	值
addl %ecx,(%eax)	将32位寄存器%ecx中的值与由寄存器%eax指向的内存地址中的值相加，并将结果存回内存。	0x0100
subl %edx,4(%eax)	将从内存地址4(%eax)中的值减去%edx寄存器中的值，并将结果存回内存地址。	0x01A8
imull $16,(%eax,%edx,4)	将立即数16与内存地址(%eax,%edx,4)中的值相乘，并将结果存回该内存地址。	0x010C
incl 8(%eax)	将内存地址8(%eax)中的值加1，并将结果存回内存地址。	0x0108
decl %ecx	将32位寄存器%ecx中的值减1，结果保存在32位寄存器ecx中。	0x0
subl %edx,%eax	从32位寄存器中减去32位寄存器%edx的值，并将结果存回%eax中。	0x01FD



上述计算过程中，主要注意：

（1）不妨以 eax 为例，（%eax）是间接寻址的方式，表示从寄存器 eax 所指向的内存地址中读取或写入数据；%eax 是寄存器寻址的方式，

直接使用寄存器的值作为操作数，读取或者写入寄存器。

（2）立即数寻址，直接将立即数作为操作数。如表格中第 3 条 imull $16,(%eax,%edx,4)。

（3）基址偏移量寻址，将寄存器指向的内存地址作为基地址，在此基础上，加上偏移量。如表格中第 2 条 subl %edx,4(%eax)。目的操作数的地址=%eax 指向地址+4，0x104。再如表格中第 4 条 incl 8(%eax)。目的操作数的地址=%eax 指向地址+4，0x108。

（4）变址寻址，其中变址寻址又包括变址基址寻址、比例变址寻址。变址寻址是指操作数的地址=基址寄存器的值+索引寄存器的值的和所指向的地址。在此基础上，加上偏移量，就是变址基址寻址；在此基础上，加上比例因子（即操作数的地址=基址寄存器的值+索引寄存器的值*比例因子的和所指向的地址），就是比例变址寻址。比如表格中第 3 条 imull $16,(%eax,%edx,4)。目的操作数的地址=（%eax+%edx*4）。

（5）在计算机中，减法的计算通过补码来实现。比如,A-B=A+B 的补码。

4.（P.48）我们经常可以看见以下形式的汇编代码行：

xorl %eax,%eax

但是在解释产生这段汇编代码的 C 语言代码块中，并没有出现 EXCLUSIVE-OR 的操作。

(1) 解释这条指令实现了什么操作？

答：这条指令用于对同一个寄存器%eax 进行异或操作。它的作用是将%eax 的值与自身进行异或运算，并将结果存储回%eax。根据异或操作的定义，相同的数异或结果为 0，反之为 1。故本质上实现对%eax 的清零操作。

(2) 更直接表达这个操作的汇编代码是什么？

答：movl $0,%eax

(3) 比较同一个操作的两种不同实现的编码字节长度。

答：

指令	功能	编码长度	机器码
xorl %eax,%eax	将%eax 清零	2 字节	31 C0
movl $0,%eax	将%eax 清零	5 字节	B8 00 00 00 00

```
xiaoye@长乐:~/shared/code1$ objdump -d 4.4

4.4:     file format elf32-i386


Disassembly of section .text:

08049000 <_start>:
 8049000:       90                      nop
 8049001:       31 c0                   xor    %eax,%eax
 8049003:       b8 00 00 00 00          mov    $0x0,%eax
 8049008:       b8 01 00 00 00          mov    $0x1,%eax
 804900d:       cd 80                   int    $0x80
xiaoye@长乐:~/shared/code1$ s
```

总结：

- xorl %eax, %eax：
    - 编码长度为 2 字节，更短。

    - 执行效率高，因为它不需要加载立即数。
    - 在性能敏感的代码中，这种实现方式更优。
- `movl $0, %eax`：
    - 编码长度为 **5 字节**，更长。
    - 更直观，易于理解。
    - 在代码可读性更重要的场景中，这种实现方式更优。