同济大学计算机系

操作系统实验报告

实验内容 UNIX V6++进程的栈帧

学　　号 2251745

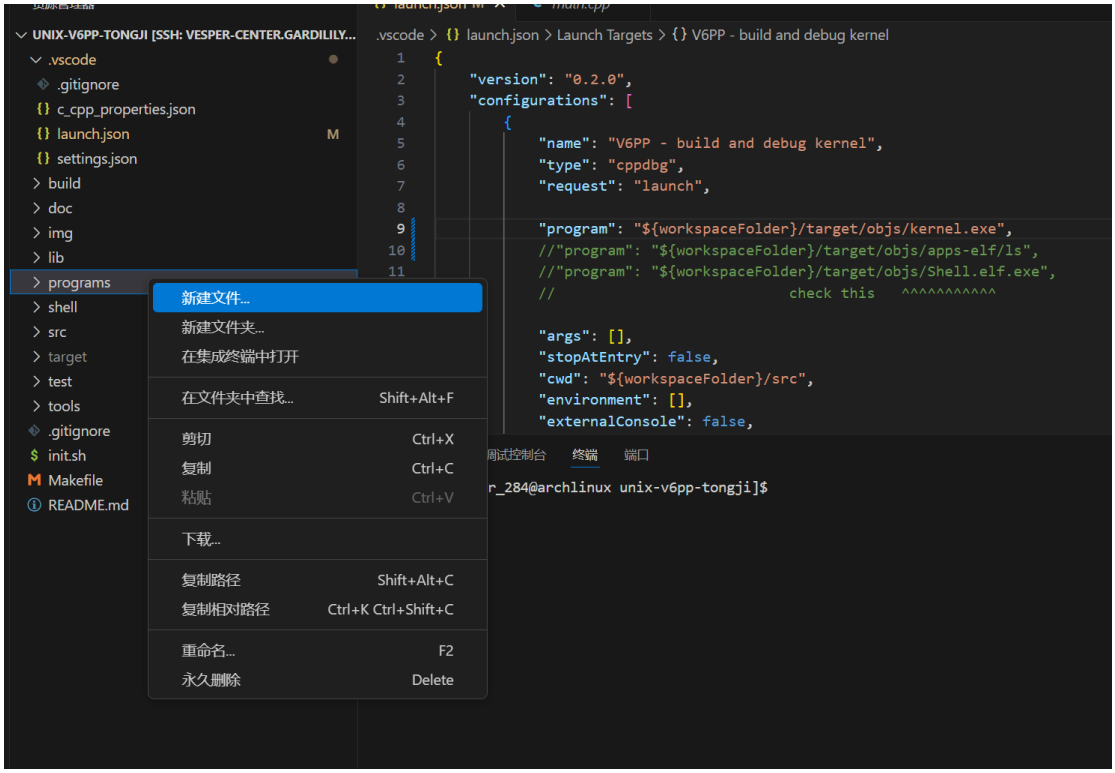
姓　　名 张宇

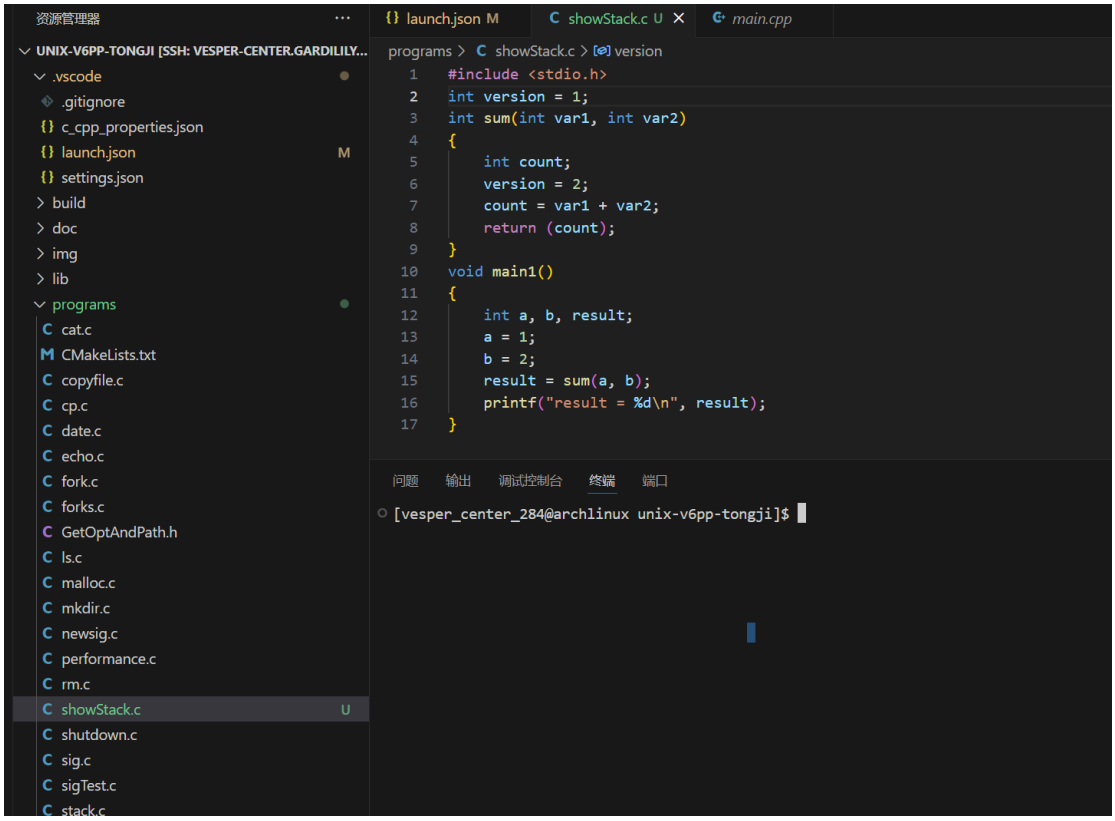
专　　业 计算机科学与技术

授课老师 方钰

一、UNIX V6++自定义程序的添加、编译、连接和运行

1.1 在 program 文件加入一个新的 c 语言文件



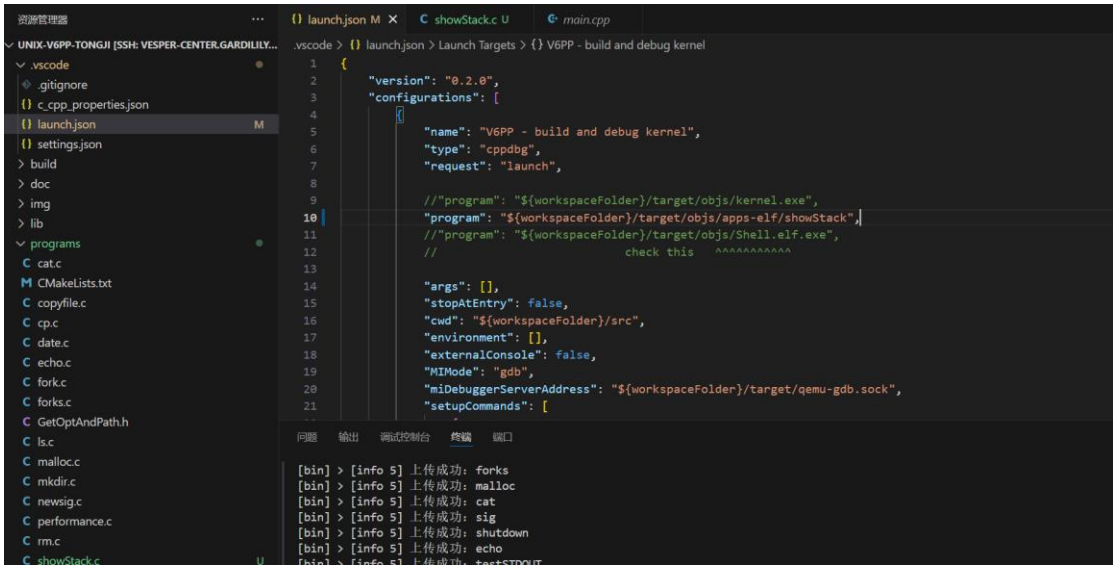


1.2 重新编译运行 UNIX V6++代码

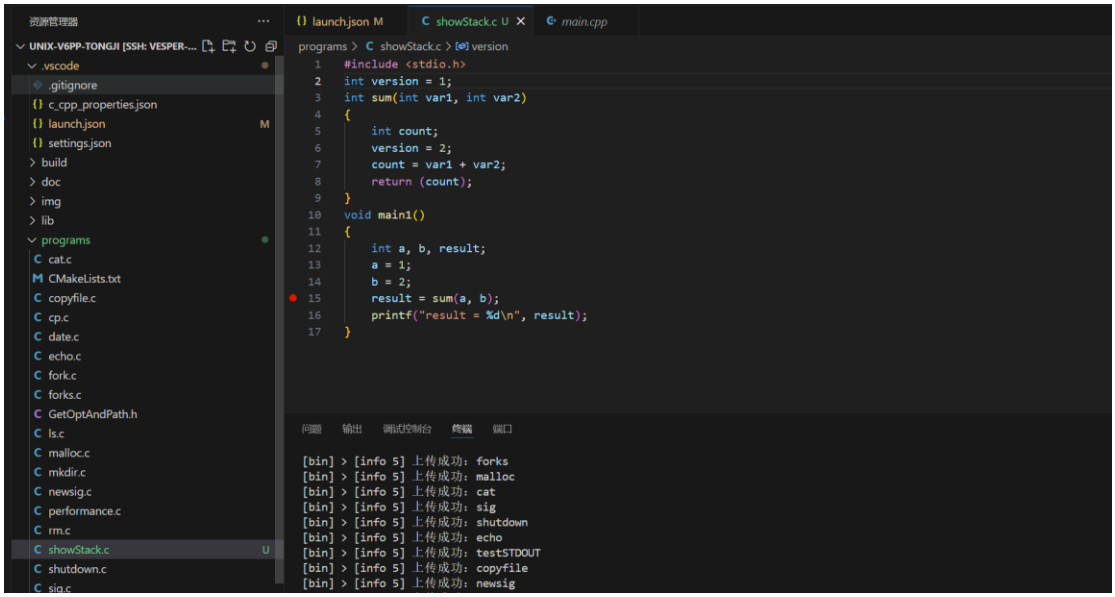
```
问题    输出    调试控制台    终端    端口

[bin] > [info 5] 上传成功：performance
[bin] > [info 5] 上传成功：trace
[bin] > [info 5] 上传成功：cp
[bin] > [info 5] 上传成功：date
[bin] > [info 5] 上传成功：forks
[bin] > [info 5] 上传成功：malloc
[bin] > [info 5] 上传成功：cat
[bin] > [info 5] 上传成功：sig
[bin] > [info 5] 上传成功：shutdown
[bin] > [info 5] 上传成功：echo
[bin] > [info 5] 上传成功：testSTDOUT
[bin] > [info 5] 上传成功：copyfile
[bin] > [info 5] 上传成功：newsig
[bin] > [info 5] 上传成功：ls
[bin] > [info] 切换路径。
[bin/..] > [info 9] 创建文件夹：etc
[bin/..] > [info] 切换路径。
[bin/../etc] > [info 5] 上传成功：v6pp_splash.bmp
[bin/../etc] > [info] 切换路径。
[bin/../etc/..] > [info 5] 上传成功：Shell.exe
[bin/../etc/..] > bye!
cp target/img-workspace/c.img target/
build success (unix-v6pp-tongji).
[vesper_center_284@archlinux unix-v6pp-tongji]$
```

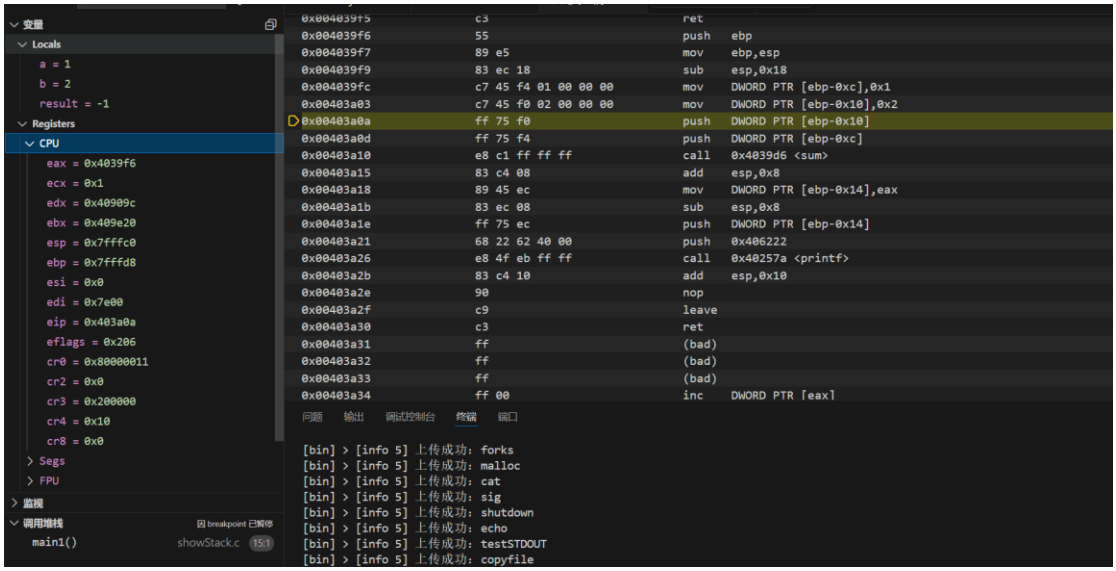
1.3 关于 UNIX V6++的调试目标

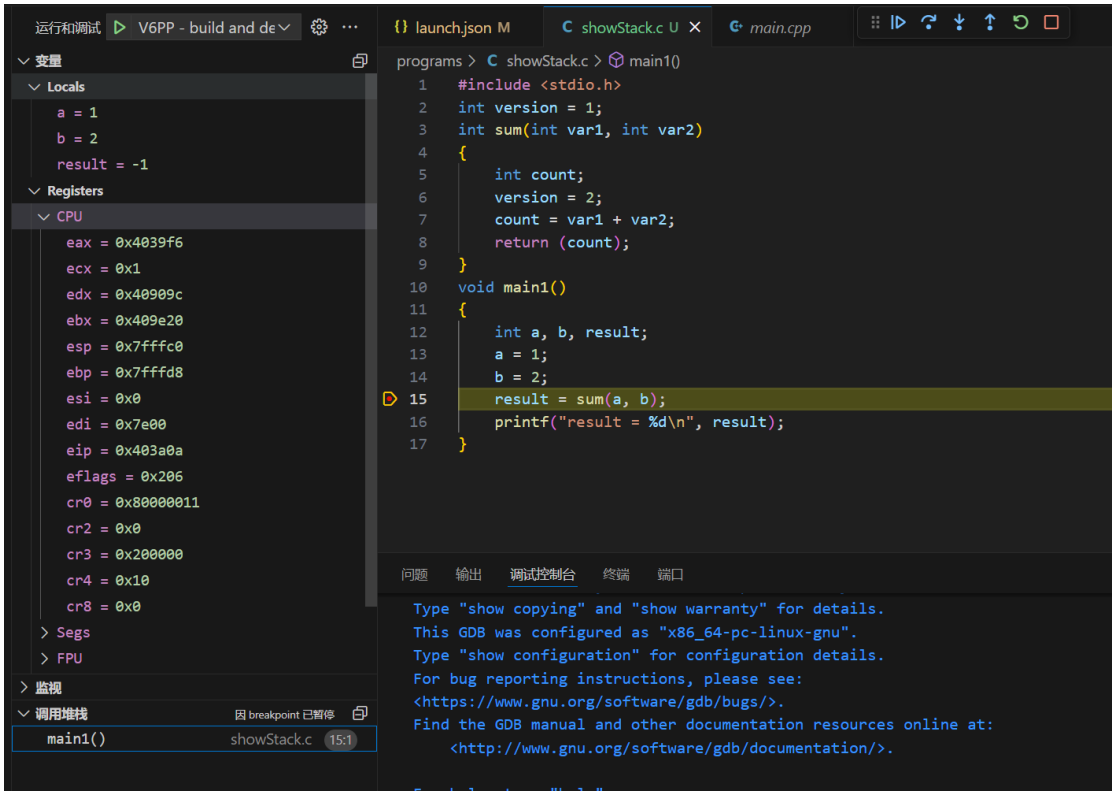
```
QEMU - Press Ctrl+Alt+G to release grab                                  ×
Machine  View

welcome to Unix V6++ Tongji's Edition!
[/]#ls
Directory '/':
dev     bin     etc     Shell.exe
[/]#cd bin
[/bin]#ls
Directory '/bin':
test    fork    mkdir   stack   showStack       rm      sigTest performance     trace   cp      date
        forks   malloc  cat     sig     shutdown        echo    testSTDOUT      copyfile        news
ig      ls
[/bin]#showStack
result = 3
[/bin]#




Process 1 finding dead son. They are Process 2 (Status:3)  wait until child process Exit! Process 2
execing
regs->eax = -4294967294 , u.u_error = 2
Process 2 execing
Process 2 is exiting
end sleep
Process 2 (Status:5)  end wait
Process 1 finding dead son. They are Process 3 (Status:3)  wait until child process Exit! Process 3
execing
Process 3 is exiting
end sleep
Process 3 (Status:5)  end wait
Process 1 finding dead son. They are Process 4 (Status:3)  wait until child process Exit! Process 4
execing
Process 4 is exiting
end sleep
Process 4 (Status:5)  end wait
```

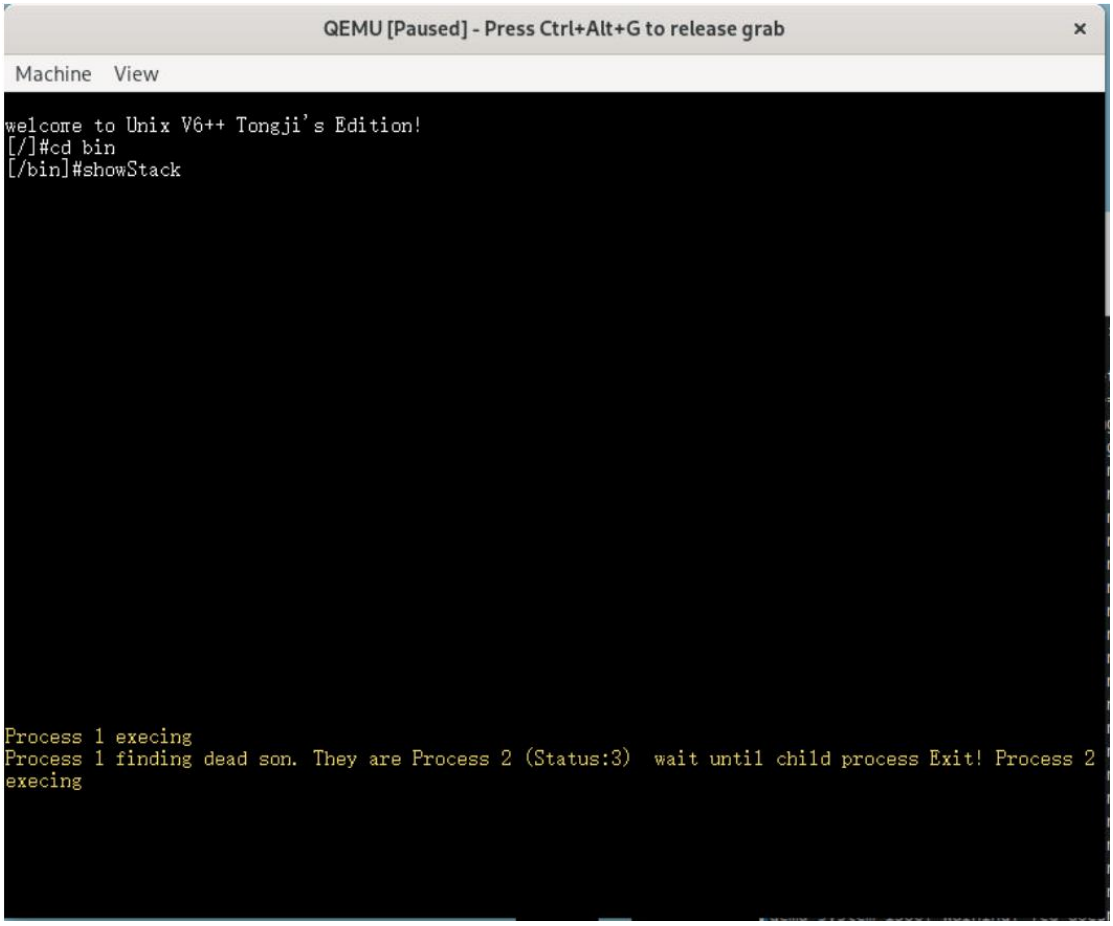


1.4 开始程序的调试运行





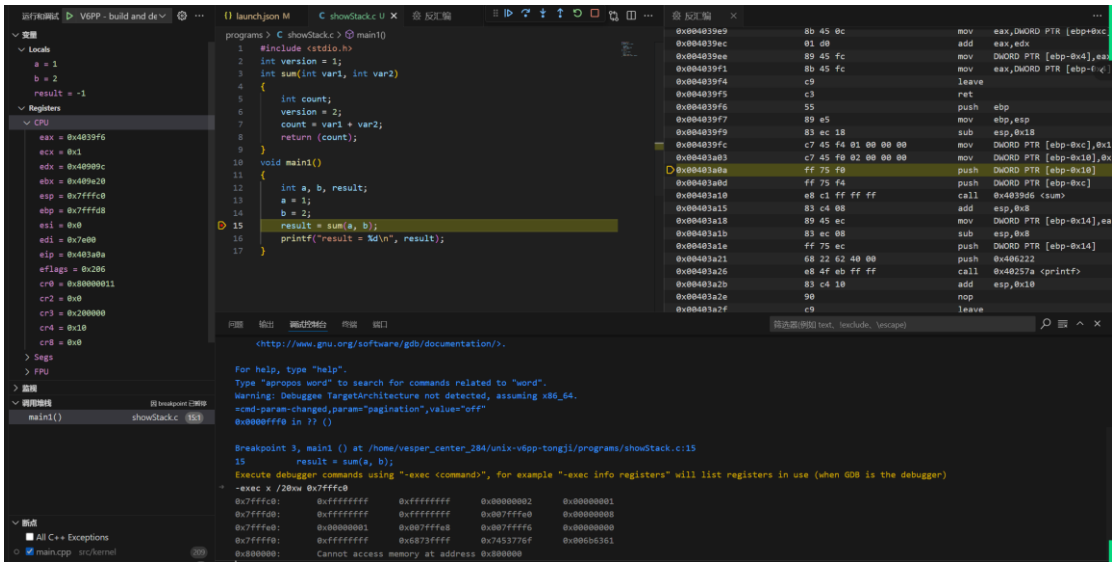

运行和调试
V6PP - build and de
launch.json M
showStack.c U
main.cpp
变量
Locals
a = 1
b = 2
result = -1
Registers
CPU
eax = 0x4039f6
ecx = 0x1
edx = 0x40909c
ebx = 0x409e20
esp = 0x7fffc0
ebp = 0x7fffd8
esi = 0x0
edi = 0x7e00
eip = 0x403a0a
eflags = 0x206
cr0 = 0x80000011
cr2 = 0x0
cr3 = 0x200000
cr4 = 0x10
cr8 = 0x0
Segs
FPU
监视
调用堆栈
因 breakpoint 已暂停
main1()
showStack.c
15:1
programs > showStack.c > main1()
#include <stdio.h>
int version = 1;
int sum(int var1, int var2)
{
int count;
version = 2;
count = var1 + var2;
return (count);
}
void main1()
{
int a, b, result;
a = 1;
b = 2;
result = sum(a, b);
printf("result = %d\n", result);
}
问题
输出
调试控制台
终端
端口
Type "show copying" and "show warranty" for details.
This GDB was configured as "x86_64-pc-linux-gnu".
Type "show configuration" for configuration details.
For bug reporting instructions, please see:
<https://www.gnu.org/software/gdb/bugs/>.
Find the GDB manual and other documentation resources online at:
<http://www.gnu.org/software/gdb/documentation/>.


QEMU [Paused] - Press Ctrl+Alt+G to release grab
Machine View
welcome to Unix V6++ Tongji's Edition!
[/]#cd bin
[/bin]#showStack
Process 1 execing
Process 1 finding dead son. They are Process 2 (Status:3) wait until child process Exit! Process 2 execing

```
0x004039f5          c3                      ret
0x004039f6          55                      push   ebp
0x004039f7          89 e5                   mov    ebp,esp
0x004039f9          83 ec 18                sub    esp,0x18
0x004039fc          c7 45 f4 01 00 00 00    mov    DWORD PTR [ebp-0xc],0x1
0x00403a03          c7 45 f0 02 00 00 00    mov    DWORD PTR [ebp-0x10],0x2
0x00403a0a          ff 75 f0                push   DWORD PTR [ebp-0x10]
0x00403a0d          ff 75 f4                push   DWORD PTR [ebp-0xc]
0x00403a10          e8 c1 ff ff ff          call   0x4039d6 <sum>
0x00403a15          83 c4 08                add    esp,0x8
0x00403a18          89 45 ec                mov    DWORD PTR [ebp-0x14],eax
0x00403a1b          83 ec 08                sub    esp,0x8
0x00403a1e          ff 75 ec                push   DWORD PTR [ebp-0x14]
0x00403a21          68 22 62 40 00          push   0x406222
0x00403a26          e8 4f eb ff ff          call   0x40257a <printf>
0x00403a2b          83 c4 10                add    esp,0x10
0x00403a2e          90                      nop
0x00403a2f          c9                      leave
0x00403a30          c3                      ret
0x00403a31          ff                      (bad)
0x00403a32          ff                      (bad)
0x00403a33          ff                      (bad)
0x00403a34          ff 00                   inc    DWORD PTR [eax]
```

问题 输出 调试控制台 终端 端口

```
0xc03fffc0:     0x00000000      0x00007e00      0xc03fffe8      0x004039f6
0xc03fffd0:     0x00000001      0xc03ff000      0xc0124984      0xc03fffec
0xc03fffe0:     0xc0007e00      0xc0007e00      0x007ffd0c      0x00000000
0xc03ffff0:     0x0000001b      0x00000200      0x007fffe0      0x00000023
0xc0400000:     Cannot access memory at address 0xc0400000
-exec x /20xw 0xc03fffc0
0xc03fffc0:     0x00000000      0x00007e00      0xc03fffe8      0x004039f6
0xc03fffd0:     0x00000001      0xc03ff000      0xc0124984      0xc03fffec
0xc03fffe0:     0xc0007e00      0xc0007e00      0x007ffd0c      0x00000000
0xc03ffff0:     0x0000001b      0x00000200      0x007fffe0      0x00000023
0xc0400000:     Cannot access memory at address 0xc0400000
-exec x /20xw 0xc03fffc0
0xc03fffc0:     0x00000000      0x00007e00      0xc03fffe8      0x004039f6
0xc03fffd0:     0x00000001      0xc03ff000      0xc0124984      0xc03fffec
0xc03fffe0:     0xc0007e00      0xc0007e00      0x007ffd0c      0x00000000
0xc03ffff0:     0x0000001b      0x00000200      0x007fffe0      0x00000023
0xc0400000:     Cannot access memory at address 0xc0400000
```



二、复现实验 4.3 中 main1 函数核心栈的变化

2.1 存前一栈帧的 ebp，修改 ebp 指向当前栈帧，esp 上移

```
          main1:
00401000:   push %ebp
00401001:   mov %esp,%ebp
00401003:   sub $0x18,%esp
```

eax	4198400
ecx	1
edx	4223024
ebx	4226468
esp	0x007fffc0
ebp	0x007fffd8
esi	917504
edi	65452
eip	0x00401006
eflags	[PF IF]

0x007fffc0
0x007fffdc

Address	0 - 3	4 - 7	8 - B	C - F
007FFFC0	00000000	00000000	00000000	00000000
007FFFD0	00000000	00000000	E0FF7F00	08000000

内存单元的观察：观察可知为小端存储，在 ebp 指向的 0x007fffd8 单元存储着上一栈帧基址 007FFFE0，0x007fffdc 存储着 main 的返回地址 00000008，并空出了局部变量和参数的值。

2.2 将 main 的局部变量送入栈中

```
 8            a=1;
00401006:   mov 0x8(%ebp),%eax
00401009:   mov %eax,(%esp)
0040100c:   call 0x402129 <ftoa+115>
 9            b=2;
0040100d:   sbb %dl,(%ecx)
0040100f:   add %al,(%eax)
00401011:   mov %eax,-0x4(%ebp)
```

eax	4198400
ecx	1
edx	4223024
ebx	4226468
esp	0x007fffc0
ebp	0x007fffd8
esi	917504
edi	65452
eip	0x00401014
eflags	[PF IF]
cs	27
ss	35
ds	35
es	35
fs	0

0x007fffc0
0x007fffdc

Address	0 - 3	4 - 7	8 - B	C - F
007FFFC0	00000000	00000000	00000000	00000000
007FFFD0	02000000	01000000	E0FF7F00	08000000
007FFFE0	01000000	E8FF7F00	F2FF7F00	00000000
007FFFF0	00007368	6F775374	61636B2E	65786500

内存单元的观察：可以看到值 2 和 1 已经被放入栈中

2.3 将参数放入栈中

```
00401014:   mov -0x4(%ebp),%eax
00401017:   add 0x8(%ebp),%eax
0040101a:   dec %eax
0040101b:   mov %eax,-0x8(%ebp)
0040101e:   mov -0x8(%ebp),%eax
```

Name	Value
Main	
eax	1
ecx	1
edx	4223024
ebx	4226468
esp	0x007fffb4
ebp	0x007fffb8
esi	917504
edi	65452
eip	0x00401044
eflags	[PF IF]
cs	27
ss	35

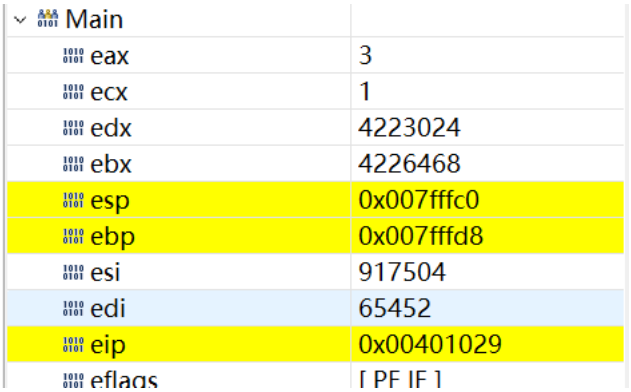
0x007fffc0
0x007fffdc

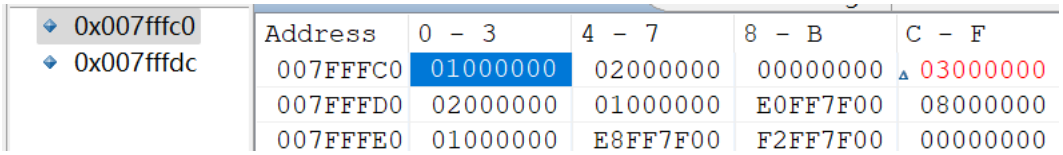
Address	0 - 3	4 - 7	8 - B	C - F
007FFFC0	01000000	02000000	00000000	00000000
007FFFD0	02000000	01000000	E0FF7F00	08000000
007FFFE0	01000000	E8FF7F00	F2FF7F00	00000000
007FFFF0	00007368	6F775374	61636B2E	65786500
00800000	01000000	02000000	00000000	00000000
00800010	02000000	01000000	E0FF7F00	08000000

内存单元的观察：参数已经被放入栈中

2.4 调用 sum 函数并返回

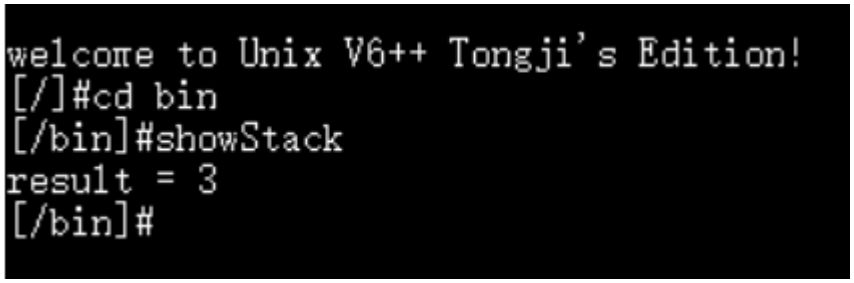
```
          sum:
0040103e:   ret
0040103f:   push %ebp
00401040:   mov %esp,%ebp
00401042:   sub $0x4,%esp
17            version=2;
00401044:   add $0xc7,%al
00401046:   inc %ebp
00401047:   cld
00401048:   add %al,(%eax)
0040104a:   add %al,(%eax)
0040104c:   movl $0x0,0x407004
18            count=var1+var2;
0040104e:   add $0x70,%al
00401050:   inc %eax
00401051:   add %al,(%eax)
00401053:   add %al,(%eax)
00401055:   add %al,%bh
19            return(count);
00401057:   inc %ebp
00401058:   cld
00401059:   cld
20          }
0040105a:   leave
0040105b:   ret
```





内存单元的观察：可以看到为 result 预留出来的值变为了 3

2.5 打印，结果如下

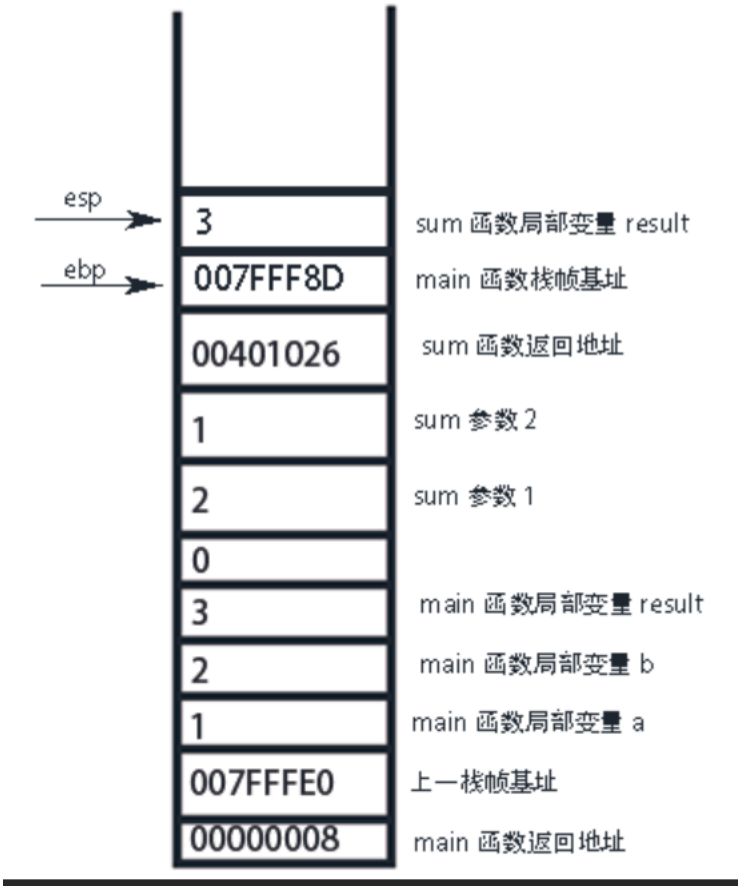


三、完成实验 4.4，通过观察内存单元的值，参考图 14-15 绘制图表，详细说明在 sum 执行的过程中，用户栈的变化。结合你对 sum 函数的分析，回答：在 main1 的汇编代码中，从 sum 返回后执行的指令“add esp, 0x8”的目的是什么？

3.1 给 sum 函数的汇编指令添加详细的注释

```
push ebp                        // 1. 保存当前的栈帧基址（旧的 EBP），保护调用者的栈帧
mov ebp, esp                    // 2. 将当前栈顶指针 ESP 赋值给 EBP，创建新的栈帧
sub esp, 0x10                   // 3. 向栈中分配 16 字节（0x10）的局部变量空间，ESP 向下移动
mov DWORD PTR ds:0x4042f4, 0x2  // 4. 将数值 2 存入全局变量或静态数据段的地址 0x4042f4
mov edx, DWORD PTR [ebp+0x8]    // 5. 从栈帧中读取第一个参数（arg1），存入寄存器 EDX（EBP+0x8 指向第一个参数）
mov eax, DWORD PTR [ebp+0xc]    // 6. 从栈帧中读取第二个参数（arg2），存入寄存器 EAX（EBP+0xc 指向第二个参数）
add eax, edx                    // 7. 将 EAX 中的第二个参数值与 EDX 中的第一个参数相加，结果保存在 EAX 中
mov DWORD PTR [ebp-0x4], eax    // 8. 将相加后的结果存入局部变量区域（EBP-0x4 表示 sum 函数的局部变量）
mov eax, DWORD PTR [ebp-0x4]    // 9. 将局部变量中的计算结果加载回寄存器 EAX，准备返回
leave                           // 10. 恢复调用者的栈帧（等价于 mov esp, ebp; pop ebp）
ret                             // 11. 从栈中弹出返回地址并跳转到返回地址处继续执行
```

3.2 完整的栈帧绘制



3.3 问题回答

在 main1 的汇编代码中，调用 sum 函数后，栈中还留有两个参数 arg1 和 arg2。由于在调用 sum 函数时，调用者会将参数压入栈中，这两个参数在 sum 函数返回后仍然存在于栈中。

执行 add esp, 0x8 的作用是调整栈顶指针 ESP，从而将 sum 函数使用的两个参数从栈中弹出，恢复调用 sum 之前的栈状态。这样可以避免栈顶指针错位，确保后续的栈操作不会受到这些参数的影响。

四、在 sum 的汇编代码中，“mov DWORD PTR ds:0x4042f4, 0x2”的作用是什么？结合课堂学习的知识，尝试解释 ds:0x4042f4 这个地址对应的是什么？为什么？

作用是将常数 0x2（十进制值为 2）存储到内存地址 0x4042f4 所指向的内存单元中。

ds:0x4042f4 这个地址是全局变量所在的地址。它位于数据段（data segment，

通常通过 ds 寄存器访问）中

原因：

全局变量存储在 .data 段：根据编译器的工作原理，全局变量通常分配在程序的数据段（.data）中，它们的地址在编译时已经确定，并在整个程序生命周期中保持不变。程序可以通过直接访问内存地址（例如 0x4042f4）来读取或修改全局变量的值。

全局变量的生命周期：全局变量的生命周期是整个程序的执行周期，这意味着在程序执行期间，它们的值会一直存在。这个特性使得全局变量可以在不同的函数间共享，并且可以在任何地方通过其固定的内存地址来访问。

编译时分配的地址：全局变量的地址通常由编译器分配。当程序编译时，编译器会将所有全局变量分配到数据段的特定地址中。0x4042f4 很可能是程序的全局变量存储区的一部分。