

# **Отчёт по лабораторной работе 9**

**Понятие подпрограммы. Отладчик GDB.**

Норбутаев Фазлиддин Хусейнович

# Содержание

<b>1</b>	<b>Цель работы</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Теоретическое введение</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Выполнение лабораторной работы</b>	<b>7</b>
3.1	Реализация подпрограмм в NASM . . . . .	7
3.2	Отладка программ с помощью GDB . . . . .	11
3.3	Задание для самостоятельной работы . . . . .	23
<b>4</b>	<b>Выводы</b>	<b>30</b>

## Список иллюстраций

3.1	Программа в файле lab9-1.asm . . . . .	8
3.2	Запуск программы lab9-1.asm . . . . .	9
3.3	Программа в файле lab9-1.asm . . . . .	10
3.4	Запуск программы lab9-1.asm . . . . .	11
3.5	Программа в файле lab9-2.asm . . . . .	12
3.6	Запуск программы lab9-2.asm в отладчике . . . . .	13
3.7	Дизассимилированный код . . . . .	14
3.8	Дизассимилированный код в режиме интел . . . . .	15
3.9	Точка остановки . . . . .	16
3.10	Изменение регистров . . . . .	17
3.11	Изменение регистров . . . . .	18
3.12	Изменение значения переменной . . . . .	19
3.13	Вывод значения регистра . . . . .	20
3.14	Вывод значения регистра . . . . .	21
3.15	Программа в файле lab9-3.asm . . . . .	22
3.16	Вывод значения регистра . . . . .	23
3.17	Программа в файле task-1.asm . . . . .	24
3.18	Запуск программы task-1.asm . . . . .	25
3.19	Код с ошибкой в файле task-2.asm . . . . .	26
3.20	Отладка task-2.asm . . . . .	27
3.21	Код исправлен в файле task-2.asm . . . . .	28
3.22	Проверка работы task-2.asm . . . . .	29

## Список таблиц

# 1 Цель работы

Целью работы является приобретение навыков написания программ с использованием подпрограмм. Знакомство с методами отладки при помощи GDB и его основными возможностями.

## 2 Теоретическое введение

Отладка — это процесс поиска и исправления ошибок в программе. В общем случае его можно разделить на четыре этапа:

- обнаружение ошибки;
- поиск её местонахождения;
- определение причины ошибки;
- исправление ошибки.

GDB (GNU Debugger — отладчик проекта GNU) работает на многих UNIX-подобных системах и умеет производить отладку многих языков программирования. GDB предлагает обширные средства для слежения и контроля за выполнением компьютерных программ. Отладчик не содержит собственного графического пользовательского интерфейса и использует стандартный текстовый интерфейс консоли. Однако для GDB существует несколько сторонних графических надстроек, а кроме того, некоторые интегрированные среды разработки используют его в качестве базовой подсистемы отладки. Отладчик GDB (как и любой другой отладчик) позволяет увидеть, что происходит «внутри» программы в момент её выполнения или что делает программа в момент сбоя.

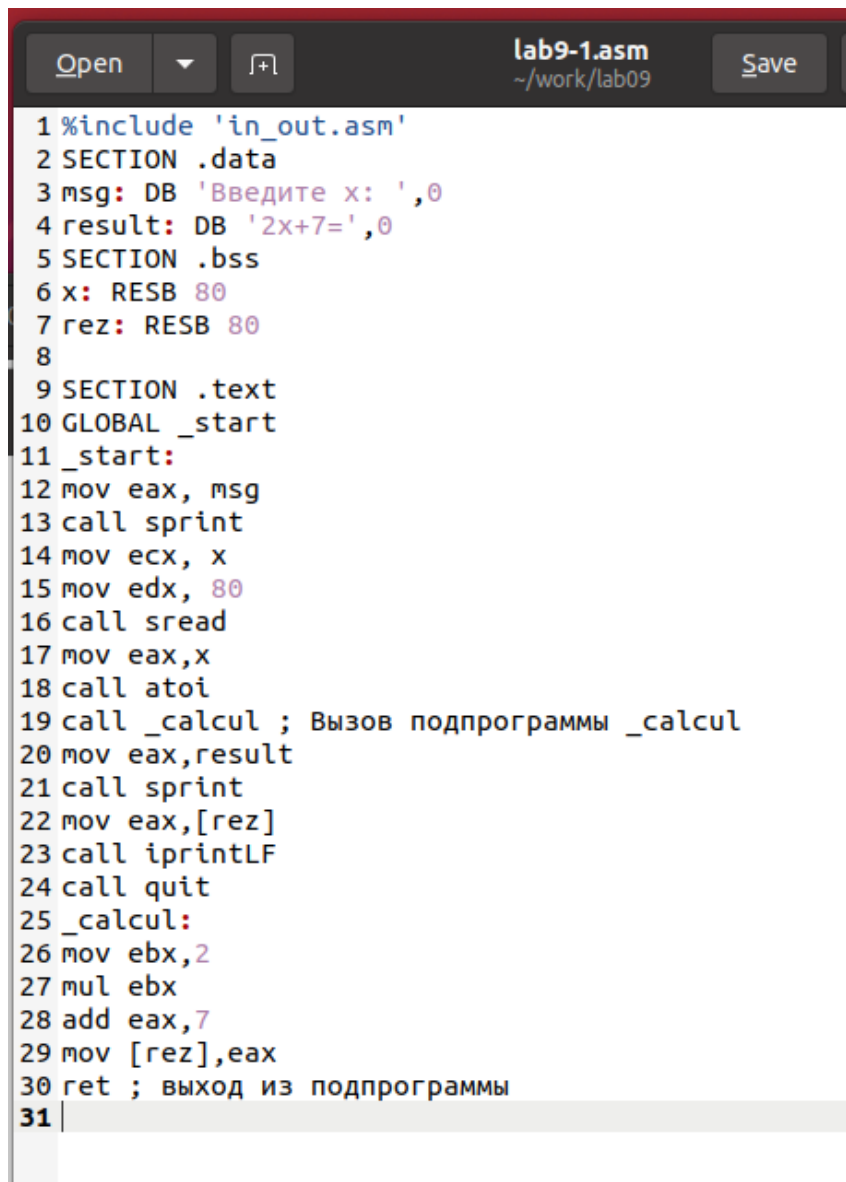
Подпрограмма — это, как правило, функционально законченный участок кода, который можно многократно вызывать из разных мест программы. В отличие от простых переходов из подпрограмм существует возврат на команду, следующую за вызовом

## 3 Выполнение лабораторной работы

### 3.1 Реализация подпрограмм в NASM

Я создал каталог для выполнения лабораторной работы №9 и перешел в него.

В качестве примера рассмотрим программу, которая вычисляет арифметическое выражение  $f(x) = 2x + 7$  с использованием подпрограммы `calcul`. В этом примере значение  $x$  вводится с клавиатуры, а само выражение вычисляется в подпрограмме.



```
1 %include 'in_out.asm'
2 SECTION .data
3 msg: DB 'Введите x: ',0
4 result: DB '2x+7=',0
5 SECTION .bss
6 x: RESB 80
7 rez: RESB 80
8
9 SECTION .text
10 GLOBAL _start
11 _start:
12 mov eax, msg
13 call sprint
14 mov ecx, x
15 mov edx, 80
16 call sread
17 mov eax, x
18 call atoi
19 call _calcul ; Вызов подпрограммы _calcul
20 mov eax, result
21 call sprint
22 mov eax, [rez]
23 call iprintLF
24 call quit
25 _calcul:
26 mov ebx, 2
27 mul ebx
28 add eax, 7
29 mov [rez], eax
30 ret ; выход из подпрограммы
31
```

Рис. 3.1: Программа в файле lab9-1.asm

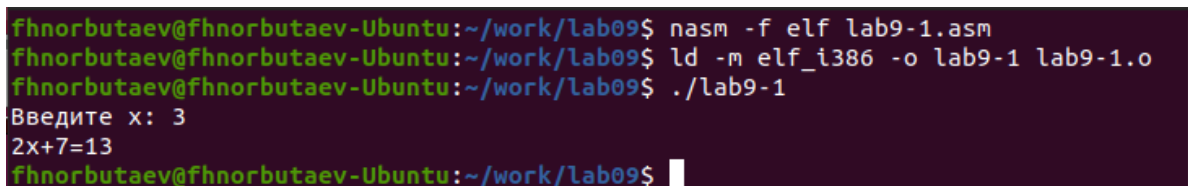
Первые строки программы отвечают за вывод сообщения на экран (с помощью вызова `sprint`), чтение данных, введенных с клавиатуры (с помощью вызова `sread`) и преобразование введенных данных из символьного вида в численный (с помощью вызова `atoi`).

После инструкции `call _calcul`, которая передает управление подпрограмме `_calcul`, будут выполнены инструкции, содержащиеся в подпрограмме.



Инструкция `ret` является последней в подпрограмме и ее выполнение приводит к возврату в основную программу к инструкции, следующей за инструкцией `call`, которая вызвала данную подпрограмму.

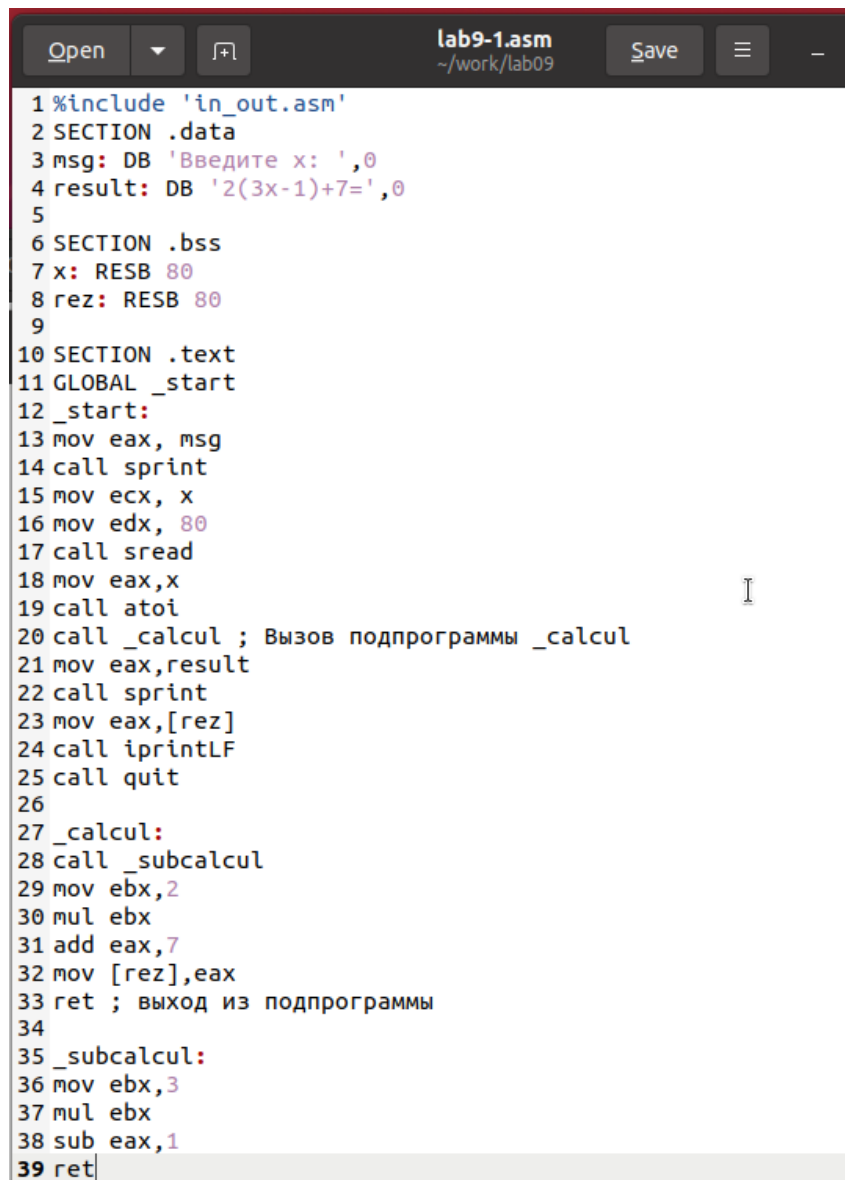
Последние строки программы реализуют вывод сообщения (с помощью вызова `sprint`), вывод результата вычисления (с помощью вызова `iprintLF`) и завершение программы (с помощью вызова `quit`).



```
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ nasm -f elf lab9-1.asm
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ ld -m elf_i386 -o lab9-1 lab9-1.o
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ ./lab9-1
Введите x: 3
2x+7=13
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$
```

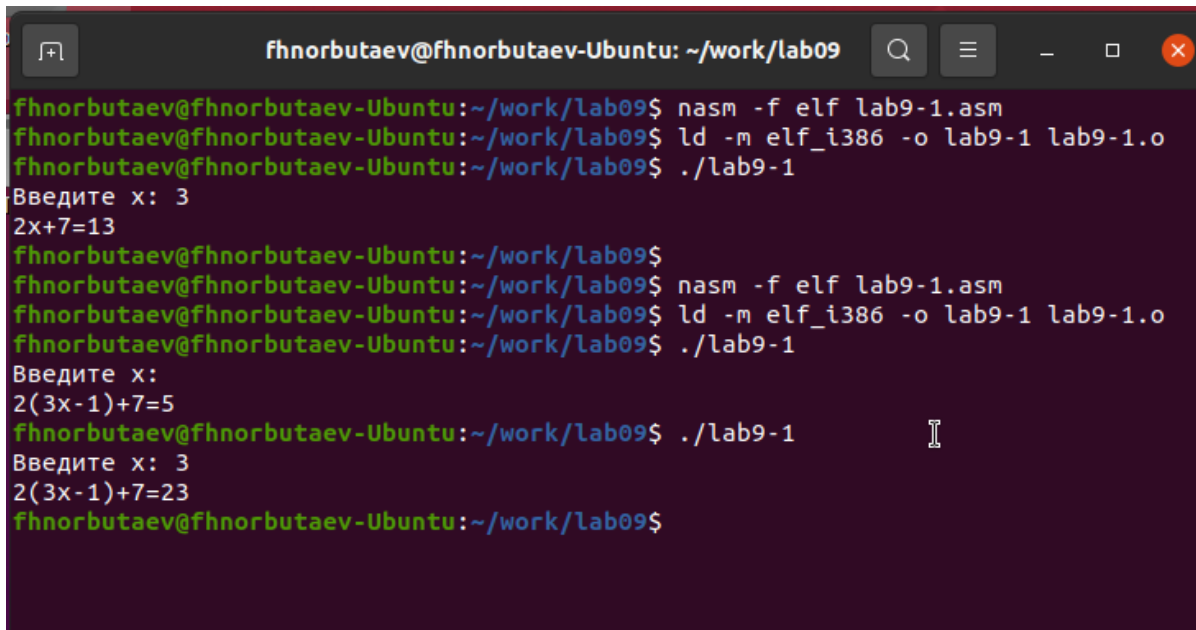
Рис. 3.2: Запуск программы `lab9-1.asm`

Изменил текст программы, добавив подпрограмму `subcalcul` в подпрограмму `calcul`, для вычисления выражения  $f(g(x))$ , где  $x$  вводится с клавиатуры,  $f(x) = 2x + 7$ ,  $g(x) = 3x - 1$ .



```
1 %include 'in_out.asm'
2 SECTION .data
3 msg: DB 'Введите x: ',0
4 result: DB '2(3x-1)+7=',0
5
6 SECTION .bss
7 x: RESB 80
8 rez: RESB 80
9
10 SECTION .text
11 GLOBAL _start
12 _start:
13 mov eax, msg
14 call sprint
15 mov ecx, x
16 mov edx, 80
17 call sread
18 mov eax,x
19 call atoi
20 call _calcul ; Вызов подпрограммы _calcul
21 mov eax,result
22 call sprint
23 mov eax,[rez]
24 call iprintLF
25 call quit
26
27 _calcul:
28 call _subcalcul
29 mov ebx,2
30 mul ebx
31 add eax,7
32 mov [rez],eax
33 ret ; выход из подпрограммы
34
35 _subcalcul:
36 mov ebx,3
37 mul ebx
38 sub eax,1
39 ret
```

Рис. 3.3: Программа в файле lab9-1.asm

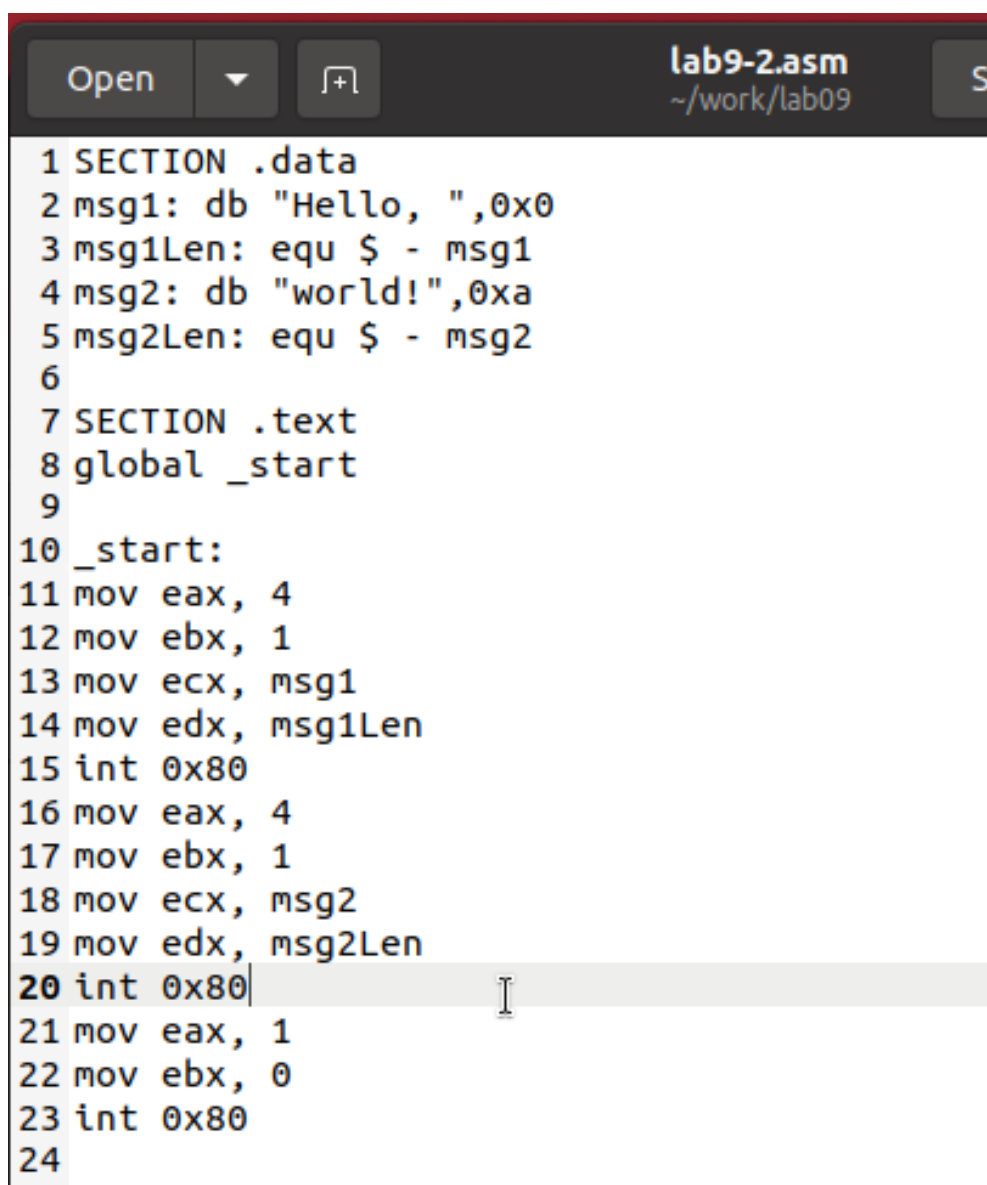


```
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu: ~/work/lab09
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ nasm -f elf lab9-1.asm
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ ld -m elf_i386 -o lab9-1 lab9-1.o
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ ./lab9-1
Введите x: 3
2x+7=13
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ nasm -f elf lab9-1.asm
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ ld -m elf_i386 -o lab9-1 lab9-1.o
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ ./lab9-1
Введите x:
2(3x-1)+7=5
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ ./lab9-1
Введите x: 3
2(3x-1)+7=23
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$
```

Рис. 3.4: Запуск программы lab9-1.asm

## 3.2 Отладка программ с помощью GDB

Создал файл lab9-2.asm с текстом программы из Листинга 9.2. (Программа печати сообщения Hello world!).



```
1 SECTION .data
2 msg1: db "Hello, ",0x0
3 msg1Len: equ $ - msg1
4 msg2: db "world!",0xa
5 msg2Len: equ $ - msg2
6
7 SECTION .text
8 global _start
9
10 _start:
11 mov eax, 4
12 mov ebx, 1
13 mov ecx, msg1
14 mov edx, msg1Len
15 int 0x80
16 mov eax, 4
17 mov ebx, 1
18 mov ecx, msg2
19 mov edx, msg2Len
20 int 0x80
21 mov eax, 1
22 mov ebx, 0
23 int 0x80
24
```

Рис. 3.5: Программа в файле lab9-2.asm

Получил исполняемый файл. Для работы с GDB в исполняемый файл необходимо добавить отладочную информацию, для этого трансляцию программ необходимо проводить с ключом '-g'.

Загрузил исполняемый файл в отладчик gdb. Проверил работу программы, запустив ее в оболочке GDB с помощью команды run (сокращённо r).

```

fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu: ~/work/lab09$
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ nasm -f elf -g -l lab9-2.lst lab9-2.asm
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ ld -m elf_i386 -o lab9-2 lab9-2.o
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ gdb lab9-2
GNU gdb (Ubuntu 9.2-0ubuntu1~20.04.1) 9.2
Copyright (C) 2020 Free Software Foundation, Inc.
License GPLv3+: GNU GPL version 3 or later <http://gnu.org/licenses/gpl.html>
This is free software: you are free to change and redistribute it.
There is NO WARRANTY, to the extent permitted by law.
Type "show copying" and "show warranty" for details.
This GDB was configured as "x86_64-linux-gnu".
Type "show configuration" for configuration details.
For bug reporting instructions, please see:
<http://www.gnu.org/software/gdb/bugs/>.
Find the GDB manual and other documentation resources online at:
<http://www.gnu.org/software/gdb/documentation/>.

For help, type "help".
Type "apropos word" to search for commands related to "word"...
Reading symbols from lab9-2...
(gdb) run
Starting program: /home/fhnorbutaev/work/lab09/lab9-2
Hello, world!
[Inferior 1 (process 5146) exited normally]
(gdb) █

```

Рис. 3.6: Запуск программы lab9-2.asm в отладчике

Для более подробного анализа программы установите брейкпоинт на метку start, с которой начинается выполнение любой ассемблерной программы, и запустите её. Посмотрите дисассимилированный код программы.

```
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu: ~/work/lab09
For help, type "help".
Type "apropos word" to search for commands related to "word"...
Reading symbols from lab9-2...
(gdb) run
Starting program: /home/fhnorbutaev/work/lab09/lab9-2
Hello, world!
[Inferior 1 (process 5146) exited normally]
(gdb)
(gdb) break _start
Breakpoint 1 at 0x08049000
(gdb) run
Starting program: /home/fhnorbutaev/work/lab09/lab9-2

Breakpoint 1, 0x08049000 in _start ()
(gdb) disassemble _start
Dump of assembler code for function _start:
=> 0x08049000 <+0>:      mov     $0x4,%eax
      0x08049005 <+5>:      mov     $0x1,%ebx
      0x0804900a <+10>:     mov     $0x804a000,%ecx
      0x0804900f <+15>:     mov     $0x8,%edx
      0x08049014 <+20>:     int     $0x80
      0x08049016 <+22>:     mov     $0x4,%eax
      0x0804901b <+27>:     mov     $0x1,%ebx
      0x08049020 <+32>:     mov     $0x804a008,%ecx
      0x08049025 <+37>:     mov     $0x7,%edx
      0x0804902a <+42>:     int     $0x80
      0x0804902c <+44>:     mov     $0x1,%eax
      0x08049031 <+49>:     mov     $0x0,%ebx
      0x08049036 <+54>:     int     $0x80
End of assembler dump.
(gdb) █
```

Рис. 3.7: Дизассимилированный код

```
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu: ~/wor
0x08049005 <+5>:      mov     $0x1,%ebx
0x0804900a <+10>:     mov     $0x804a000,%ecx
0x0804900f <+15>:     mov     $0x8,%edx
0x08049014 <+20>:     int     $0x80
0x08049016 <+22>:     mov     $0x4,%eax
0x0804901b <+27>:     mov     $0x1,%ebx
0x08049020 <+32>:     mov     $0x804a008,%ecx
0x08049025 <+37>:     mov     $0x7,%edx
0x0804902a <+42>:     int     $0x80
0x0804902c <+44>:     mov     $0x1,%eax
0x08049031 <+49>:     mov     $0x0,%ebx
0x08049036 <+54>:     int     $0x80
End of assembler dump.
(gdb) set disassembly-flavor intel
(gdb) disassemble _start
Dump of assembler code for function _start:
=> 0x08049000 <+0>:      mov     eax,0x4
    0x08049005 <+5>:      mov     ebx,0x1
    0x0804900a <+10>:     mov     ecx,0x804a000
    0x0804900f <+15>:     mov     edx,0x8
    0x08049014 <+20>:     int     0x80
    0x08049016 <+22>:     mov     eax,0x4
    0x0804901b <+27>:     mov     ebx,0x1
    0x08049020 <+32>:     mov     ecx,0x804a008
    0x08049025 <+37>:     mov     edx,0x7
    0x0804902a <+42>:     int     0x80
    0x0804902c <+44>:     mov     eax,0x1
    0x08049031 <+49>:     mov     ebx,0x0
    0x08049036 <+54>:     int     0x80
End of assembler dump.
(gdb) █
```

Рис. 3.8: Дизассимилированный код в режиме интел

Установить точку останова можно командой `break` (кратко `b`). Типичный аргумент этой команды — место установки. Его можно задать или как номер строки программы (имеет смысл, если есть исходный файл, а программа компилировалась с информацией об отладке), или как имя метки, или как адрес. Чтобы не было путаницы с номерами, перед адресом ставится «звёздочка»

На предыдущих шагах была установлена точка останова по имени метки

(`_start`). Проверил это с помощью команды `info breakpoints` (кратко `i b`). Установил еще одну точку остановки по адресу инструкции. Адрес инструкции можно увидеть в средней части экрана в левом столбце соответствующей инструкции. Определил адрес предпоследней инструкции (`mov ebx,0x0`) и установил точку.

The screenshot shows a GDB terminal window with the following content:

```

Register group: general
eax      0x0      0
ecx      0x0      0
edx      0x0      0
ebx      0x0      0
esp      0xffffd1d0 0xffffd1d0
ebp      0x0      0x0
esi      0x0      0
edi      0x0      0

B+> 0x8049000 <_start> mov    eax,0x4
0x8049005 <_start+5> mov    ebx,0x1
0x804900a <_start+10> mov    ecx,0x804a000
0x804900f <_start+15> mov    edx,0x8
0x8049014 <_start+20> int     0x80
0x8049016 <_start+22> mov    eax,0x4
0x804901b <_start+27> mov    ebx,0x1
0x8049020 <_start+32> mov    ecx,0x804a008
0x8049025 <_start+37> mov    edx,0x7

native process 5150 In: _start L?? PC: 0x8049000
(gdb)
(gdb)
(gdb) b *0x8049031Breakpoint 2 at 0x8049031
(gdb) i b
Num      Type           Disp Enb Address      What
1        breakpoint     keep y   0x08049000 <_start>
          breakpoint already hit 1 time
2        breakpoint     keep y   0x08049031 <_start+49>
(gdb)

```

Рис. 3.9: Точка остановки

Отладчик может показывать содержимое ячеек памяти и регистров, а при необходимости позволяет вручную изменять значения регистров и переменных. Выполнил 5 инструкций с помощью команды `stepi` (или `si`) и проследил за изменением значений регистров.



```
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu: ~/work/lab09
Register group: general
eax      0x4      4
ecx      0x0      0
edx      0x0      0
ebx      0x0      0
esp      0xffffd1d0 0xffffd1d0
ebp      0x0      0x0
esi      0x0      0
edi      0x0      0

B+ 0x8049000 <_start> mov eax,0x4
>0x8049005 <_start+5> mov ebx,0x1
0x804900a <_start+10> mov ecx,0x804a000
0x804900f <_start+15> mov edx,0x8
0x8049014 <_start+20> int 0x80
0x8049016 <_start+22> mov eax,0x4
0x804901b <_start+27> mov ebx,0x1
0x8049020 <_start+32> mov ecx,0x804a008
0x8049025 <_start+37> mov edx,0x7

native process 5150 In: _start L?? PC: 0x8049005
eflags   0x202      [ IF ]
cs       0x23      35
ss       0x2b      43
ds       0x2b      43
es       0x2b      43
fs       0x0       0
gs       0x0       0
(gdb) si
0x8049005 in _start ()
(gdb) █
```

Рис. 3.10: Изменение регистров

```
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu: ~/work/lab09
Register group: general
eax      0x8      8
ecx      0x804a000 134520832
edx      0x8      8
ebx      0x1      1
esp      0xffffd1d0 0xffffd1d0
ebp      0x0      0
esi      0x0      0
edi      0x0      0

B+ 0x8049000 <_start>    mov     eax,0x4
0x8049005 <_start+5>    mov     ebx,0x1
0x804900a <_start+10>   mov     ecx,0x804a000
0x804900f <_start+15>   mov     edx,0x8
0x8049014 <_start+20>   int     0x80
>0x8049016 <_start+22>   mov     eax,0x4
0x804901b <_start+27>   mov     ebx,0x1
0x8049020 <_start+32>   mov     ecx,0x804a008
0x8049025 <_start+37>   mov     edx,0x7

native process 5150 In: _start L?? PC: 0x8049016
0x08049005 in _start ()
(gdb)
(gdb) si0x0804900a in _start ()
(gdb)
(gdb) si0x0804900f in _start ()
(gdb)
(gdb) si0x08049014 in _start ()
(gdb) si
0x08049016 in _start ()
(gdb) █
```

Рис. 3.11: Изменение регистров

Посмотрел значение переменной `msg1` по имени. Посмотрел значение переменной `msg2` по адресу.

Изменить значение для регистра или ячейки памяти можно с помощью команды `set`, задав ей в качестве аргумента имя регистра или адрес. Изменил первый символ переменной `msg1`.

The screenshot shows a GDB debugger window titled "fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu: ~/work/lab09". The window is divided into several sections. At the top, a "Register group: general" section displays the values of general-purpose registers: 

Register	Value (hex)	Value (dec)
eax	0x8	8
ecx	0x804a000	134520832
edx	0x8	8
ebx	0x1	1
esp	0xffffd1d0	0xffffd1d0
ebp	0x0	0x0
esi	0x0	0
edi	0x0	0

. Below this, a disassembly window shows assembly instructions with their addresses and comments. The instruction at address 0x8049016, `mov eax,0x4`, is highlighted. The bottom section shows the GDB command prompt with several commands and their outputs: 

```
(gdb) x/1sb &msg10x804a000 <msg1>: "Hello, "  
(gdb) x/1sb 0x804a0080x804a008 <msg2>: "world!\n"  
(gdb) x/1sb &msg10x804a000 <msg1>: "hello, "  
(gdb) x/1sb 0x804a008 <msg2>: "Lorld!\n"
```

Рис. 3.12: Изменение значения переменной

Вывел в различных форматах (в шестнадцатеричном формате, в двоичном формате и в символьном виде) значение регистра edx.

```
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu: ~/work/lab09
Register group: general
eax      0x8      8
ecx      0x804a000 134520832
edx      0x8      8
ebx      0x1      1
esp      0xffffd1d0 0xffffd1d0
ebp      0x0      0x0
esi      0x0      0
edi      0x0      0

B+ 0x8049000 <_start>    mov     eax,0x4
0x8049005 <_start+5>    mov     ebx,0x1
0x804900a <_start+10>   mov     ecx,0x804a000
0x804900f <_start+15>   mov     edx,0x8
0x8049014 <_start+20>   int     0x80
>0x8049016 <_start+22>  mov     eax,0x4
0x804901b <_start+27>   mov     ebx,0x1
0x8049020 <_start+32>   mov     ecx,0x804a008
0x8049025 <_start+37>   mov     edx,0x7

native process 5150 In: start L?? PC: 0x8049016
(gdb) p/s $ecx$3 = 134520832
(gdb)
(gdb) p/x $ecx$4 = 0x804a000
(gdb)
(gdb) p/s $edx$5 = 8
(gdb)
(gdb) p/t $edx$6 = 1000
(gdb) p/x $edx
$7 = 0x8
(gdb) 
```

Рис. 3.13: Вывод значения регистра

С помощью команды set изменил значение регистра ebx

The screenshot shows a GDB terminal window with the title bar "fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu: ~/work/lab09". The window is divided into two main sections. The top section, titled "Register group: general", displays the values of several registers: 

Register	Value 1	Value 2
eax	0x8	8
ecx	0x804a000	134520832
edx	0x8	8
ebx	0x2	2
esp	0xffffd1d0	0xffffd1d0
ebp	0x0	0x0
esi	0x0	0
edi	0x0	0

. The bottom section displays assembly code with addresses and instructions: 

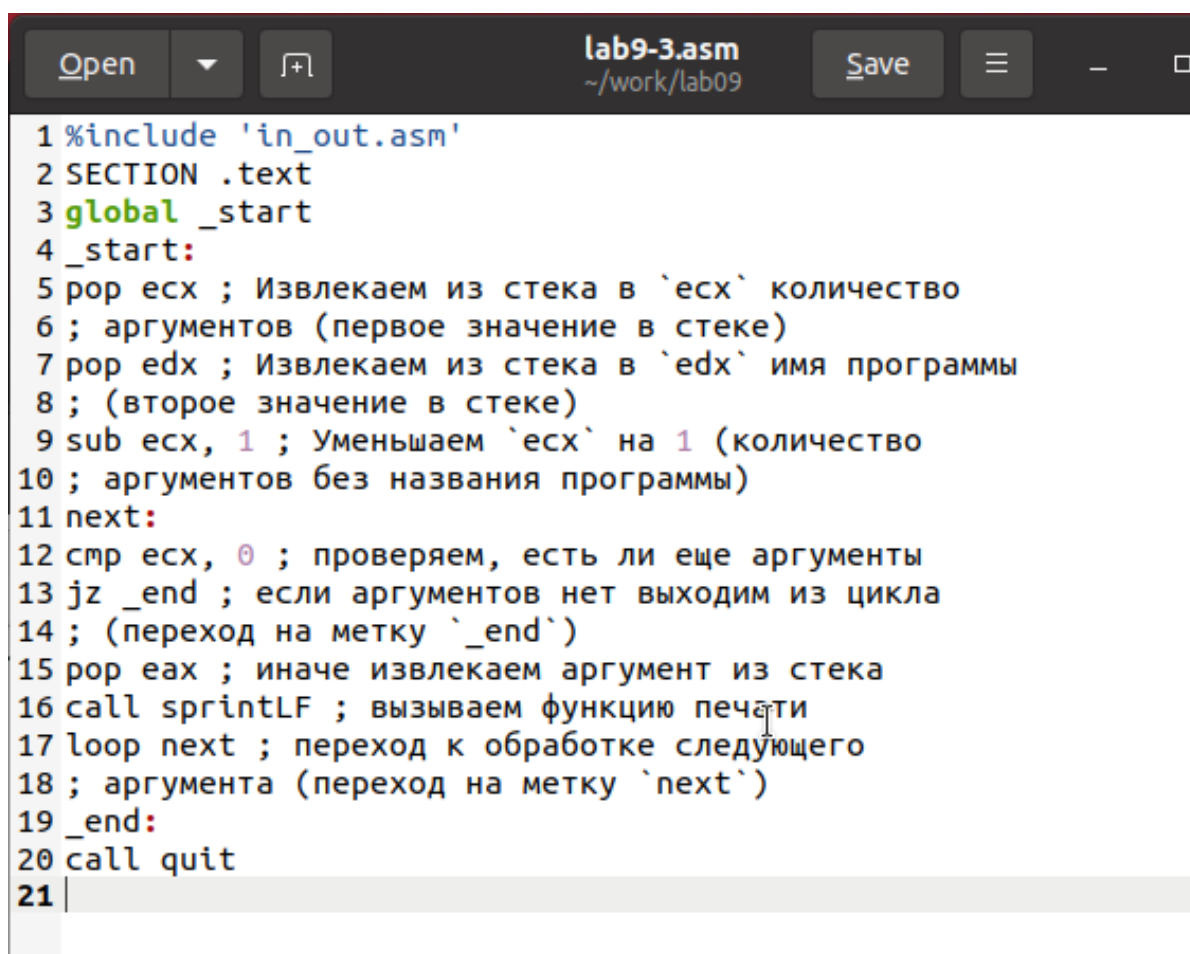
```
B+ 0x8049000 <_start>    mov     eax,0x4
0x8049005 <_start+5>    mov     ebx,0x1
0x804900a <_start+10>   mov     ecx,0x804a000
0x804900f <_start+15>   mov     edx,0x8
0x8049014 <_start+20>   int      0x80
>0x8049016 <_start+22>  mov     eax,0x4
0x804901b <_start+27>   mov     ebx,0x1
0x8049020 <_start+32>   mov     ecx,0x804a008
0x8049025 <_start+37>   mov     edx,0x7
```

. Below the assembly code, the status bar shows "native process 5150 In: \_start" and "PC: 0x8049016". The bottom part of the window shows GDB commands and their output: 

```
(gdb) p/t $edx$6 = 1000
(gdb) p/x $edx
$7 = 0x8
(gdb)
(gdb)
(gdb) p/s $ebx$8 = 50
(gdb)
(gdb) p/s $ebx
$9 = 2
(gdb)
```

Рис. 3.14: Вывод значения регистра

Скопировал файл lab8-2.asm, созданный при выполнении лабораторной работы №8, с программой выводящей на экран аргументы командной строки. Создал исполняемый файл. Для загрузки в gdb программы с аргументами необходимо использовать ключ `-args`. Загрузил исполняемый файл в отладчик, указав аргументы.



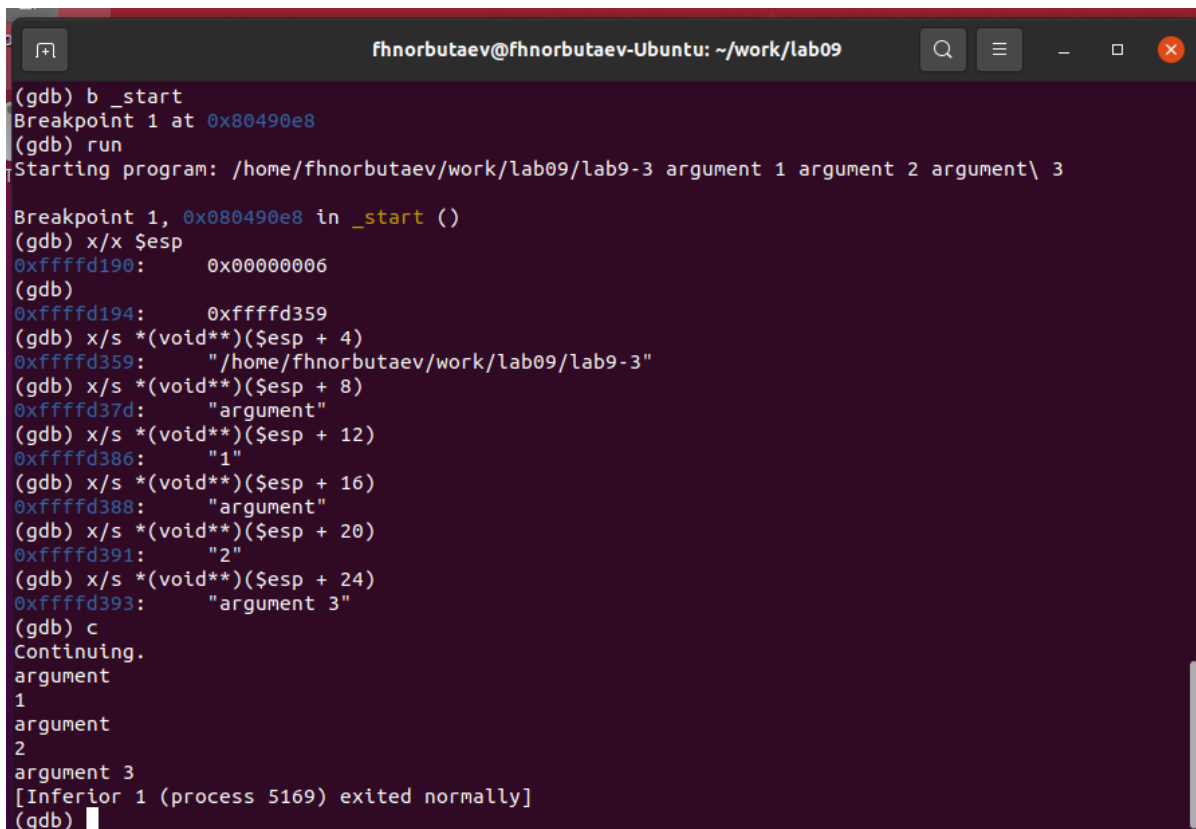
```
1 %include 'in_out.asm'
2 SECTION .text
3 global _start
4 _start:
5 pop ecx ; Извлекаем из стека в `ecx` количество
6 ; аргументов (первое значение в стеке)
7 pop edx ; Извлекаем из стека в `edx` имя программы
8 ; (второе значение в стеке)
9 sub ecx, 1 ; Уменьшаем `ecx` на 1 (количество
10 ; аргументов без названия программы)
11 next:
12 cmp ecx, 0 ; проверяем, есть ли еще аргументы
13 jz _end ; если аргументов нет выходим из цикла
14 ; (переход на метку `_end`)
15 pop eax ; иначе извлекаем аргумент из стека
16 call sprintf ; вызываем функцию печати
17 loop next ; переход к обработке следующего
18 ; аргумента (переход на метку `next`)
19 _end:
20 call quit
21
```

Рис. 3.15: Программа в файле lab9-3.asm

Для начала установил точку останова перед первой инструкцией в программе и запустил ее.

Адрес вершины стека храниться в регистре esp и по этому адресу располагается число равное количеству аргументов командной строки (включая имя программы). Как видно, число аргументов равно 5 – это имя программы lab9-3 и непосредственно аргументы: аргумент1, аргумент, 2 и ‘аргумент 3’.

Посмотрел остальные позиции стека – по адресу [esp+4] располагается адрес в памяти где находится имя программы, по адресу [esp+8] храниться адрес первого аргумента, по адресу [esp+12] – второго и т.д.



```
(gdb) b _start
Breakpoint 1 at 0x80490e8
(gdb) run
Starting program: /home/fhnorbutaev/work/lab09/lab9-3 argument 1 argument 2 argument\ 3

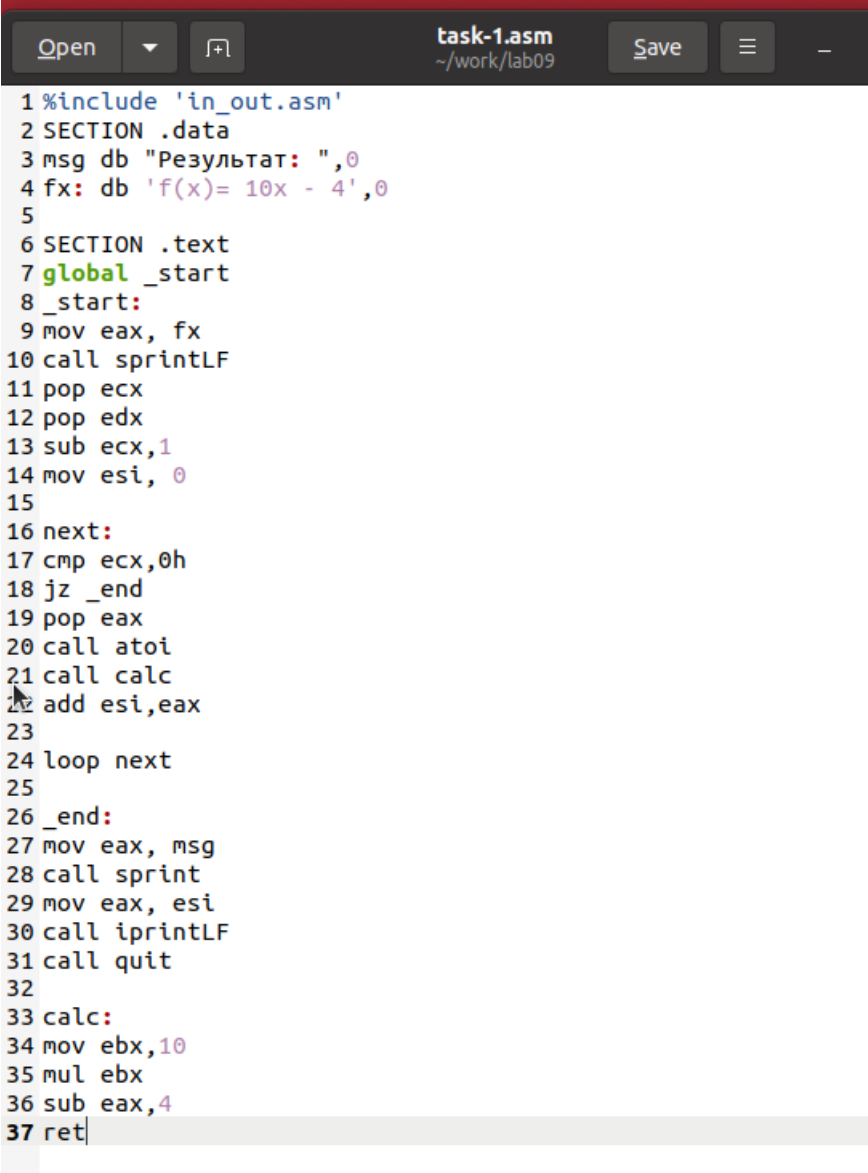
Breakpoint 1, 0x080490e8 in _start ()
(gdb) x/x $esp
0xfffffd190: 0x00000006
(gdb)
0xfffffd194: 0xfffffd359
(gdb) x/s *(void**)($esp + 4)
0xfffffd359: "/home/fhnorbutaev/work/lab09/lab9-3"
(gdb) x/s *(void**)($esp + 8)
0xfffffd37d: "argument"
(gdb) x/s *(void**)($esp + 12)
0xfffffd386: "1"
(gdb) x/s *(void**)($esp + 16)
0xfffffd388: "argument"
(gdb) x/s *(void**)($esp + 20)
0xfffffd391: "2"
(gdb) x/s *(void**)($esp + 24)
0xfffffd393: "argument 3"
(gdb) c
Continuing.
argument
1
argument
2
argument 3
[Inferior 1 (process 5169) exited normally]
(gdb)
```

Рис. 3.16: Вывод значения регистра

Объясню, почему шаг изменения адреса равен 4 ([esp+4], [esp+8], [esp+12] - шаг равен размеру переменной - 4 байтам.

### 3.3 Задание для самостоятельной работы

Я переписал программу из лабораторной работы №8, чтобы вычислить значение функции  $f(x)$  в виде подпрограммы.



```
1 %include 'in_out.asm'
2 SECTION .data
3 msg db "Результат: ",0
4 fx: db 'f(x)= 10x - 4',0
5
6 SECTION .text
7 global _start
8 _start:
9 mov eax, fx
10 call sprintf
11 pop ecx
12 pop edx
13 sub ecx,1
14 mov esi, 0
15
16 next:
17 cmp ecx,0h
18 jz _end
19 pop eax
20 call atoi
21 call calc
22 add esi,eax
23
24 loop next
25
26 _end:
27 mov eax, msg
28 call sprint
29 mov eax, esi
30 call iprintfLF
31 call quit
32
33 calc:
34 mov ebx,10
35 mul ebx
36 sub eax,4
37 ret
```

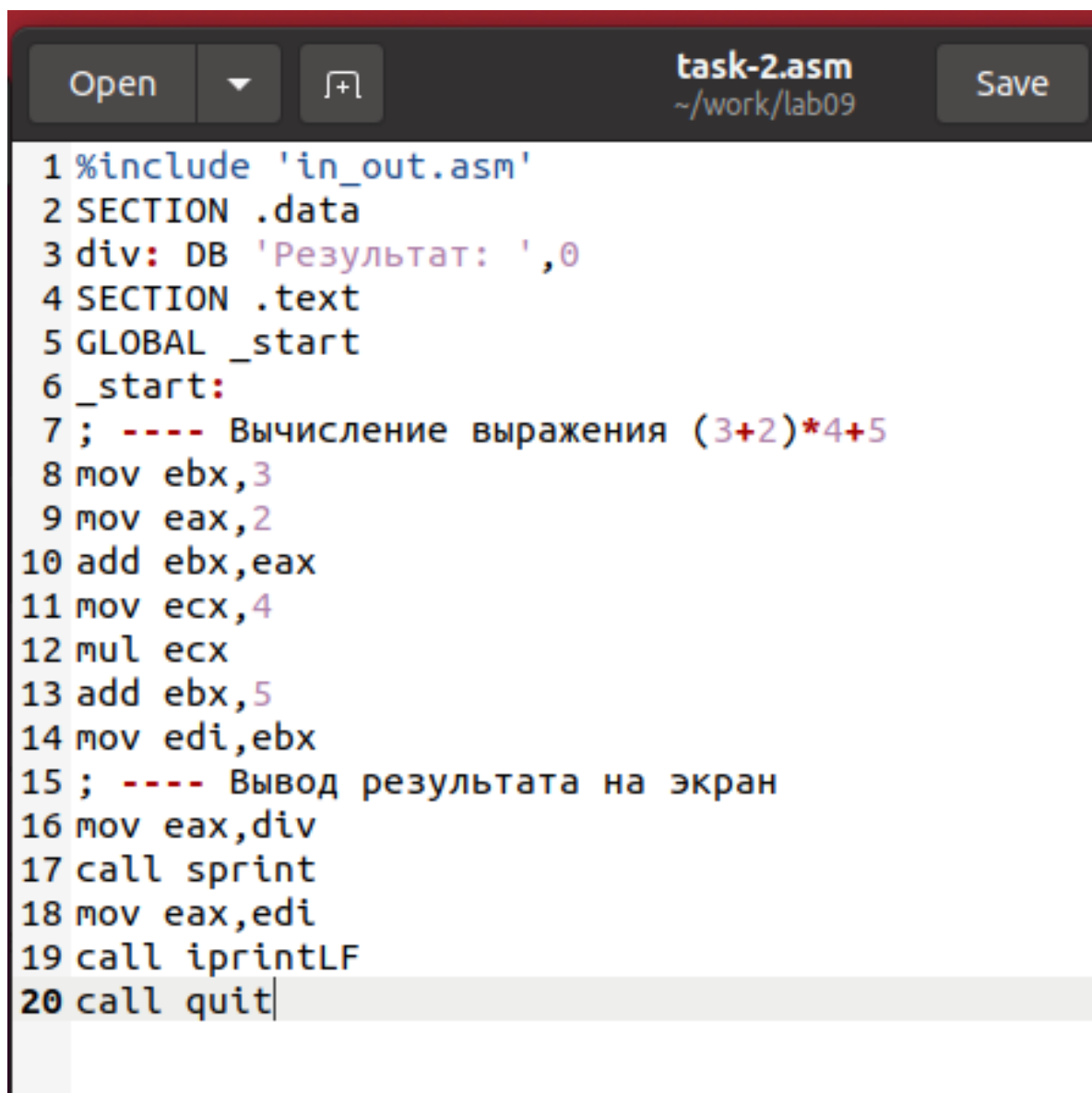
Рис. 3.17: Программа в файле task-1.asm



```
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ nasm -f elf task-1.asm
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ ld -m elf_i386 -o task-1 task-1.o
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ ./task-1 1
f(x)= 10x - 4
Результат: 6
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$ ./task-1 1 2 3
f(x)= 10x - 4
Результат: 48
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu:~/work/lab09$
```

Рис. 3.18: Запуск программы task-1.asm

Приведенный ниже листинг программы вычисляет выражение  $(3 + 2) * 4 + 5$ . Однако, при запуске, программа дает неверный результат. Я проверил это и решил использовать отладчик GDB для анализа изменений значений регистров и определения ошибки.



```
Open  task-2.asm  Save
~/work/lab09

1 %include 'in_out.asm'
2 SECTION .data
3 div: DB 'Результат: ',0
4 SECTION .text
5 GLOBAL _start
6 _start:
7 ; ---- Вычисление выражения (3+2)*4+5
8 mov ebx,3
9 mov eax,2
10 add ebx,eax
11 mov ecx,4
12 mul ecx
13 add ebx,5
14 mov edi,ebx
15 ; ---- Вывод результата на экран
16 mov eax,div
17 call sprint
18 mov eax,edi
19 call iprintLF
20 call quit
```

Рис. 3.19: Код с ошибкой в файле task-2.asm

```
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu: ~/work/lab09

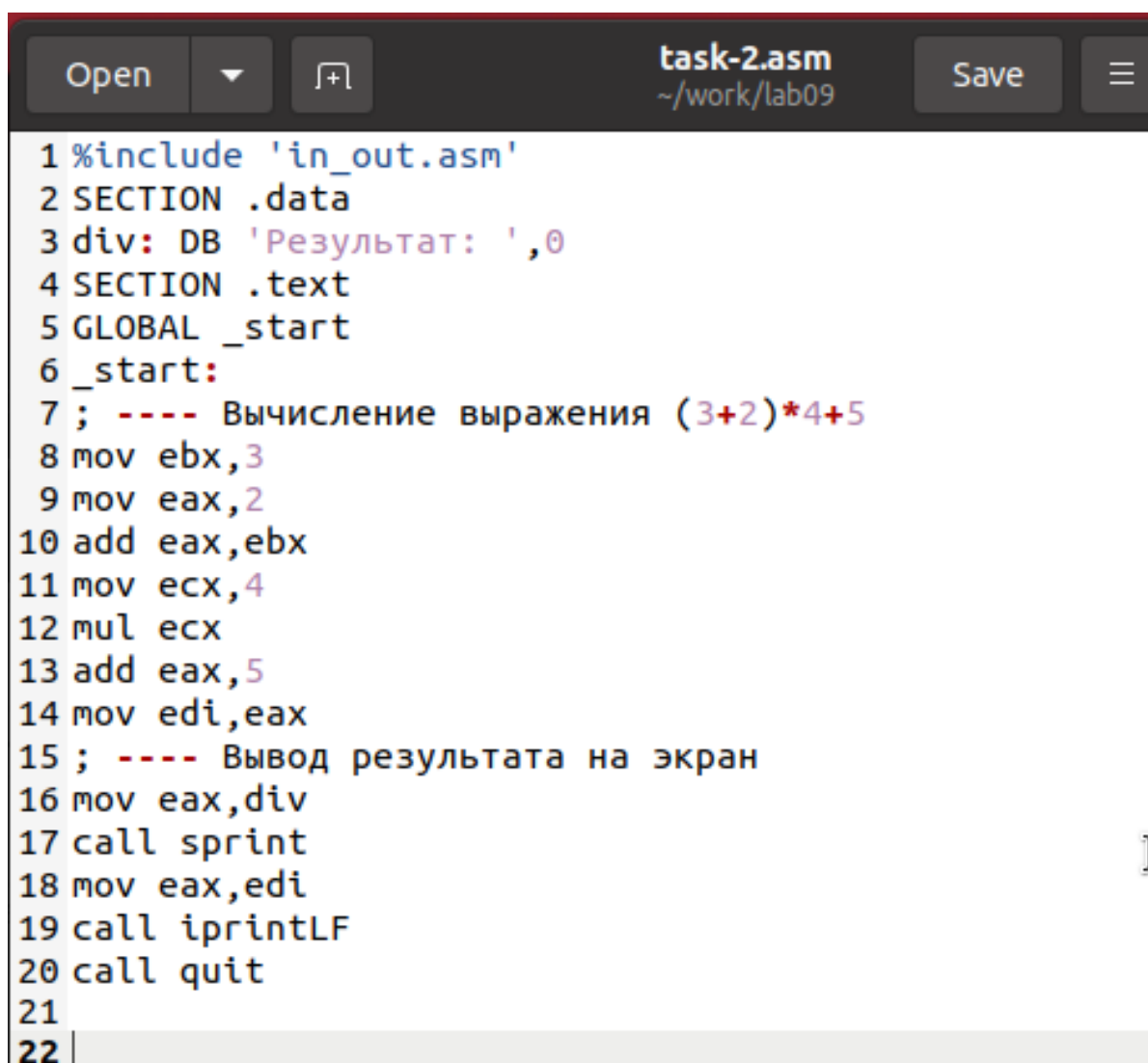
eax      0x8      8
ecx      0x4      4
edx      0x0      0
ebx      0xa      10
esp      0xffffd1d0 0xffffd1d0
ebp      0x0      0x0
esi      0x0      0
edi      0x0      0

B+ 0x80490e8 <_start>    mov     ebx,0x3
B+ 0x80490e8 <_start>5>  mov     ebx,0x3
0x80490ed <_start+5>    mov     eax,0x2
0x80490f2 <_start+10>   add     ebx,eax
0x80490f4 <_start+12>   mov     ecx,0x4
0x80490f9 <_start+17>   mul     ecx
>0x80490fb <_start+19>   add     ebx,0x5
0x80490fe <_start+22>   mov     edi,ebx04a000
0x8049100 <_start+24>   mov     eax,0x804a000rint>
0x8049105 <_start+29>   call    0x804900f <sprint>

native process 5203 In: _start                                L??  PC: 0x80490fe
(gdb) sNo process In:                                         L??  PC: ??
0x080490f9 in _start ()
(gdb) si
0x080490fb in _start ()
(gdb) si
0x080490fe in _start ()
(gdb) c
Continuing.
Результат: 10
[Inferior 1 (process 5203) exited normally]
(gdb) █
```

Рис. 3.20: Отладка task-2.asm

Я заметил, что порядок аргументов в инструкции add был перепутан и что при завершении работы, вместо eax, значение отправлялось в edi. Вот исправленный код программы:



```
1 %include 'in_out.asm'
2 SECTION .data
3 div: DB 'Результат: ',0
4 SECTION .text
5 GLOBAL _start
6 _start:
7 ; ---- Вычисление выражения (3+2)*4+5
8 mov ebx,3
9 mov eax,2
10 add eax,ebx
11 mov ecx,4
12 mul ecx
13 add eax,5
14 mov edi,eax
15 ; ---- Вывод результата на экран
16 mov eax,div
17 call sprint
18 mov eax,edi
19 call iprintLF
20 call quit
21
22
```

Рис. 3.21: Код исправлен в файле task-2.asm

```
fhnorbutaev@fhnorbutaev-Ubuntu: ~/work/lab09
eax      0x19      25
ecx      0x4       4
edx      0x0       0
ebx      0x3       3
esp      0xffffd1d0 0xffffd1d0
ebp      0x0       0
esi      0x0       0
edi      0x19      25

0x80490f9 <_start+17> mul    ecx
B+ 0x80490e8 <_start>    mov    ebx,0x3
0x80490ed <_start+5>    mov    eax,0x2
>0x80490f2 <_start+10> add    eax,ebx;0x4a000
0x80490f4 <_start+12> mov    ecx,0x4    rint>
0x80490f9 <_start+17> mul    ecx
0x80490fb <_start+19> add    eax,0x586 <iprintLF>
0x80490fe <_start+22> mov    edi,eax
0x8049100 <_start+24> mov    eax,0x804a000 x],al
0x8049105 <_start+29> call   0x804900f <sprint>

native process 5311 In: _start L?? PC: 0x8049100
0x08049No process In: L?? PC: ??
0x080490fb in _start ()
(gdb) si
0x080490fe in _start ()
(gdb) si
0x08049100 in _start ()
(gdb) c
Continuing.
Результат: 25
[Inferior 1 (process 5311) exited normally]
(gdb) █
```

Рис. 3.22: Проверка работы task-2.asm

## **4 Выводы**

Освоили работу с подпрограммами и отладчиком.