

Отчёт по лабораторной работе 9

Архитектура компьютера

Ушаков Данила Алексеевич

Содержание

1	Цель работы	5
2	Выполнение лабораторной работы	6
2.1	Реализация подпрограмм в NASM	6
2.2	Отладка программ с помощью GDB	9
2.2.1	Точки останова	13
2.2.2	Работа с данными программы в GDB	14
2.2.3	Обработка аргументов командной строки в GDB	19
2.3	Задание для самостоятельной работы	21
3	Выводы	27

Список иллюстраций

2.1	Код программы lab9-1.asm	7
2.2	Компиляция и запуск программы lab9-1.asm	7
2.3	Код программы lab9-1.asm	8
2.4	Компиляция и запуск программы lab9-1.asm	9
2.5	Код программы lab9-2.asm	10
2.6	Компиляция и запуск программы lab9-2.asm в отладчике	11
2.7	Дизассемблированный код	12
2.8	Дизассемблированный код в режиме интел	13
2.9	Точка остановки	14
2.10	Изменение регистров	15
2.11	Изменение регистров	16
2.12	Изменение значения переменной	17
2.13	Вывод значения регистра	18
2.14	Вывод значения регистра	19
2.15	Вывод значения регистра	20
2.16	Код программы prog-1.asm	21
2.17	Компиляция и запуск программы prog-1.asm	22
2.18	Код с ошибкой	23
2.19	Отладка	24
2.20	Код исправлен	25
2.21	Проверка работы	26

Список таблиц

1 Цель работы

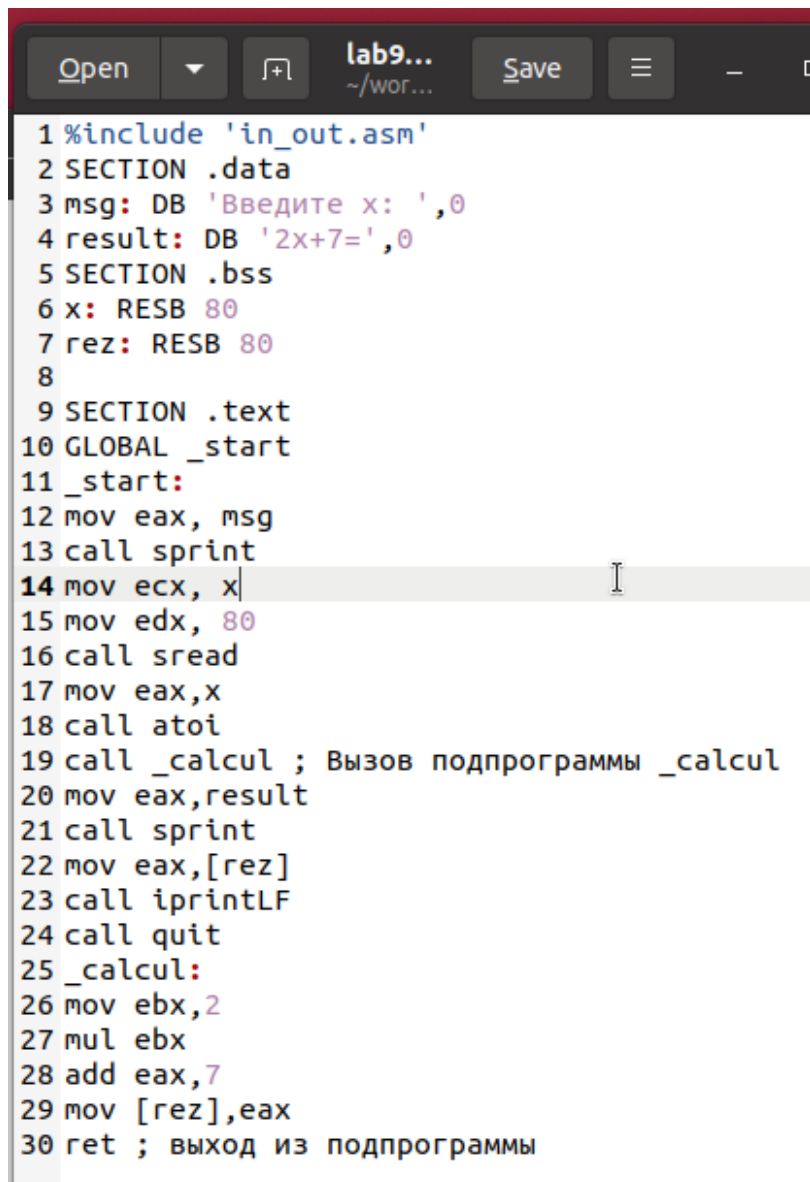
Целью работы является приобретение навыков написания программ с использованием подпрограмм. Знакомство с методами отладки при помощи GDB и его основными возможностями.

2 Выполнение лабораторной работы

2.1 Реализация подпрограмм в NASM

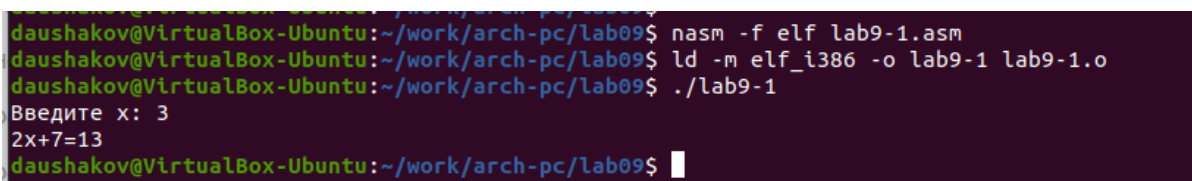
Для начала я создал новую директорию, в которой планировал выполнять лабораторную работу номер 9, и перешел в нее. Затем я создал файл с именем lab9-1.asm.

В качестве примера рассмотрим программу, которая вычисляет арифметическое выражение $f(x) = 2x + 7$ с использованием подпрограммы calcul. В данном примере значение переменной x вводится с клавиатуры, а само выражение вычисляется внутри подпрограммы. (рис. 2.1) (рис. 2.2)



```
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
```

Рис. 2.1: Код программы lab9-1.asm

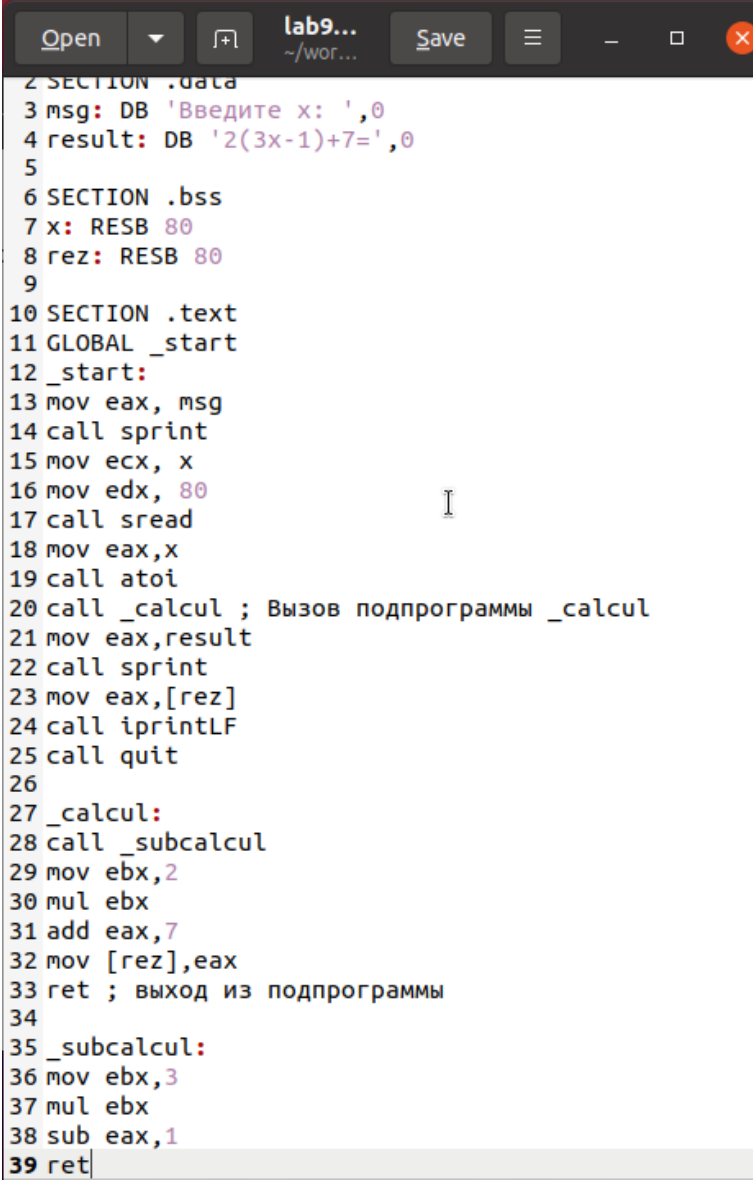


```
daushakov@VirtualBox-Ubuntu:~/work/arch-pc/lab09$ nasm -f elf lab9-1.asm
daushakov@VirtualBox-Ubuntu:~/work/arch-pc/lab09$ ld -m elf_i386 -o lab9-1 lab9-1.o
daushakov@VirtualBox-Ubuntu:~/work/arch-pc/lab09$ ./lab9-1
Введите x: 3
2x+7=13
daushakov@VirtualBox-Ubuntu:~/work/arch-pc/lab09$
```

Рис. 2.2: Компиляция и запуск программы lab9-1.asm

После этого я внес изменения в текст программы, добавив подпрограмму subcalcul внутри подпрограммы calcul. Это позволяет вычислить составное

выражение $f(g(x))$, где значение x также вводится с клавиатуры. Функции определены следующим образом: $f(x) = 2x + 7$, $g(x) = 3x - 1$. (рис. 2.3) (рис. 2.4)



```
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. 2.3: Код программы lab9-1.asm


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

Рис. 2.4: Компиляция и запуск программы lab9-1.asm

2.2 Отладка программ с помощью GDB

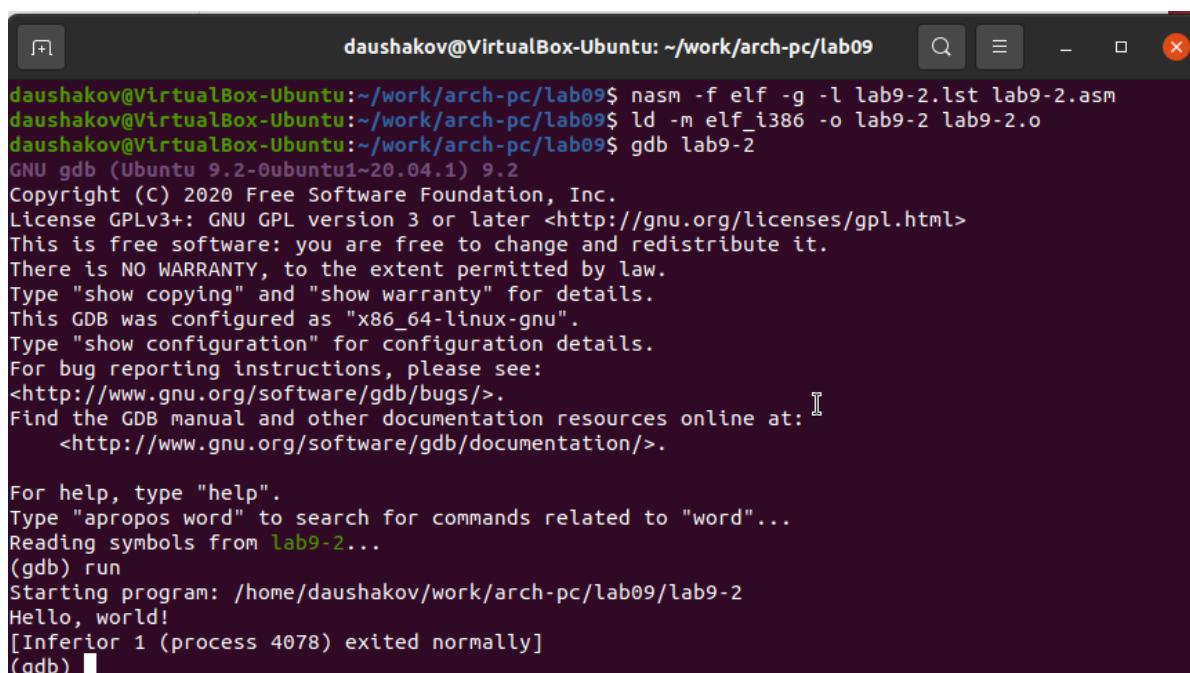
Я создал файл с именем lab9-2.asm, в котором содержится текст программы из Листинга 9.2. Эта программа отвечает за печать сообщения “Hello world!”. (рис. 2.5)

```
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
```

Рис. 2.5: Код программы lab9-2.asm

После этого я скомпилировал файл и получил исполняемый файл. Чтобы добавить отладочную информацию для работы с отладчиком GDB, использовал ключ “-g”.

Затем я загрузил полученный исполняемый файл в отладчик GDB и проверил его работу, запустив программу с помощью команды “run” или “r”. (рис. 2.6)

A screenshot of a terminal window titled 'daushakov@VirtualBox-Ubuntu: ~/work/arch-pc/lab09'. The terminal shows the following commands and output:

```
daushakov@VirtualBox-Ubuntu:~/work/arch-pc/lab09$ nasm -f elf -g -l lab9-2.lst lab9-2.asm
daushakov@VirtualBox-Ubuntu:~/work/arch-pc/lab09$ ld -m elf_i386 -o lab9-2 lab9-2.o
daushakov@VirtualBox-Ubuntu:~/work/arch-pc/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/daushakov/work/arch-pc/lab09/lab9-2
Hello, world!
[Inferior 1 (process 4078) exited normally]
(gdb)
```

Рис. 2.6: Компиляция и запуск программы lab9-2.asm в отладчике

Для более детального анализа программы, я установил точку остановки на метке “start”, с которой начинается выполнение любой ассемблерной программы, и запустил ее. Затем я просмотрел дизассемблированный код программы.(рис. 2.7) (рис. 2.8)

```

[Inferior 1 (process 4078) exited normally]
(gdb) break _start
Breakpoint 1 at 0x8049000
(gdb) run
Starting program: /home/daushakov/work/arch-pc/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. 2.7: Дизассемблированный код

```
Starting program: /home/daushakov/work/arch-pc/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) 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. 2.8: Дизассемблированный код в режиме интел

2.2.1 Точки останова

Чтобы проверить точку останова по имени метки “_start”, я использовал команду “info breakpoints” или “i b”. Затем установил еще одну точку останова по адресу инструкции, определив адрес предпоследней инструкции “mov ebx, 0x0” (рис. 2.9)

```
daushakov@VirtualBox-Ubuntu: ~/work/arch-pc/lab09

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
eip      0x8049000 0x8049000 <_start>
eflags   0x202    [ IF ]
cs       0x23     35

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
0x804902a <_start+42> int 0x80
0x804902c <_start+44> mov eax,0x1

native process 4082 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. 2.9: Точка остановки

2.2.2 Работа с данными программы в GDB

В отладчике GDB можно просматривать содержимое ячеек памяти и регистров, а также изменять значения регистров и переменных. Выполнил 5 инструкций с помощью команды 'stepi' (сокращенно 'si') и отследил изменение значений регистров. (рис. 2.10) (рис. 2.11)

```
daushakov@VirtualBox-Ubuntu: ~/work/arch-pc/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
eip      0x8049005 0x8049005 < start+5>
eflags   0x202    [ IF ]
cs       0x23     35

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
0x804902a < _start+42> int 0x80
0x804902c < _start+44> mov eax,0x1

native process 4082 In: _start L?? PC: 0x8049005
edi      0x0      0
eip      0x8049000 0x8049000 < _start>
eflags   0x202    [ IF ]
cs       0x23     35
ss       0x2b     43
--Type <RET> for more, q to quit, c to continue without paging--
ds       0x2b     43
es       0x2b     43
fs       0x0      0
gs       0x0      0
(gdb) si
0x08049005 in _start ()
(gdb)
```

Рис. 2.10: Изменение регистров

```
daushakov@VirtualBox-Ubuntu: ~/work/arch-pc/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
eip      0x8049016 0x8049016 <_start+22>
eflags   0x202    [ IF ]
cs       0x23     35

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
0x804902a <_start+42>   int    0x80
0x804902c <_start+44>   mov    eax,0x1

native process 4082 In: _start L?? PC: 0x8049016
fs      0x0      0
gs      0x0      0
(gdb) si
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. 2.11: Изменение регистров

Просмотрел значение переменной msg1 по имени и получил нужные данные.

Просмотрел значение переменной msg1 по имени и получил нужные данные.

Для изменения значения регистра или ячейки памяти использовал команду set, указав имя регистра или адрес в качестве аргумента. Изменил первый символ переменной msg1. (рис. 2.12)


```
daushakov@VirtualBox-Ubuntu: ~/work/arch-pc/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
eip      0x8049016 0x8049016 <_start+22>
eflags   0x202    [ IF ]
cs       0x23     35

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
0x804902a <_start+42>   int     0x80
0x804902c <_start+44>   mov     eax,0x1

native process 4082 In: _start L?? PC: 0x8049016
(gdb) si
0x08049016 in _start ()
(gdb)
(gdb) x/1sb &msg10x804a000 <msg1>:      "Hello, "
(gdb)
(gdb) x/1sb 0x804a0080x804a008 <msg2>:    "world!\n"
(gdb)
(gdb) x/1sb &msg10x804a000 <msg1>:      "hello, "
(gdb)
(gdb) x/1sb 0x804a008
0x804a008 <msg2>:      "Lorld!\n"
(gdb)
```

Рис. 2.12: Изменение значения переменной

Для изменения значения регистра или ячейки памяти использовал команду `set`, указав имя регистра или адрес в качестве аргумента. Изменил первый символ переменной `msg1`. (рис. 2.13)

```
daushakov@VirtualBox-Ubuntu: ~/work/arch-pc/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
eip      0x8049016 0x8049016 < start+22>
eflags   0x202    [ IF ]
cs       0x23     35

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
0x804902a <_start+42>   int    0x80
0x804902c <_start+44>   mov    eax,0x1

native process 4082 In: _start L?? PC: 0x8049016
(gdb)
(gdb) p/t $eax$2 = 1000
(gdb)
(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. 2.13: Вывод значения регистра

С помощью команды set изменил значение регистра ebx на нужное значение.
(рис. 2.14)

The screenshot shows a GDB terminal window with the title bar "daushakov@VirtualBox-Ubuntu: ~/work/arch-pc/lab09". The window is divided into three main sections. The top section, titled "Register group: general", lists the values of general-purpose registers: `eax` (0x8), `ecx` (0x804a000), `edx` (0x8), `ebx` (0x2), `esp` (0xffffd1d0), `ebp` (0x0), `esi` (0x0), `edi` (0x0), `eip` (0x8049016), `eflags` (0x202), and `cs` (0x23). The middle section displays assembly code with addresses and disassembled instructions, such as `0x8049000 <_start> mov eax,0x4` and `0x8049016 <_start+22> mov eax,0x4`. The bottom section shows the GDB prompt and a series of commands and their outputs: `(gdb) p/s edx5 = 8`, `(gdb) p/t edx6 = 1000`, `(gdb) p/x $edx` resulting in `$7 = 0x8`, `(gdb) p/s ebx8 = 50`, and `(gdb) p/s $ebx` resulting in `$9 = 2`. The status bar at the bottom indicates "native process 4082 In: start" and "PC: 0x8049016".

Рис. 2.14: Вывод значения регистра

2.2.3 Обработка аргументов командной строки в GDB

Скопировал файл `lab8-2.asm`, созданный во время выполнения лабораторной работы №8, который содержит программу для вывода аргументов командной строки. Создал исполняемый файл из скопированного файла.

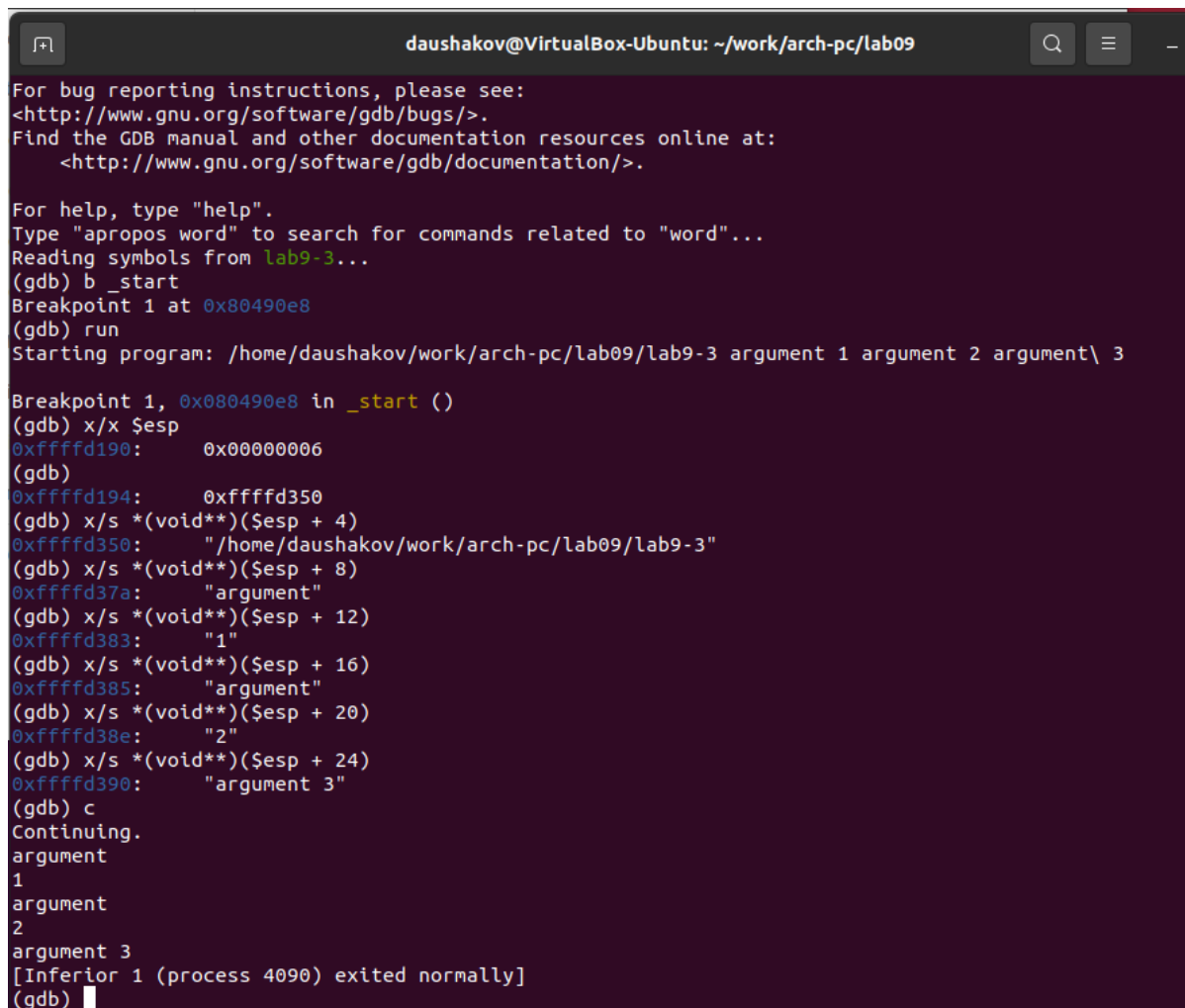
Для загрузки программы с аргументами в `gdb` использовал ключ `-args` и загрузил исполняемый файл в отладчик с указанными аргументами.

Установил точку останова перед первой инструкцией программы и запустил ее.

Адрес вершины стека, содержащий количество аргументов командной строки (включая имя программы), хранится в регистре `esp`. По этому адресу находится

число, указывающее количество аргументов. В данном случае видно, что количество аргументов равно 5, включая имя программы lab9-3 и сами аргументы: аргумент1, аргумент2 и 'аргумент 3'.

Просмотрел остальные позиции стека. По адресу [esp+4] находится адрес в памяти, где располагается имя программы. По адресу [esp+8] хранится адрес первого аргумента, по адресу [esp+12] - второго и так далее. (рис. 2.15)



```
daushakov@VirtualBox-Ubuntu: ~/work/arch-pc/lab09
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 lab9-3...
(gdb) b _start
Breakpoint 1 at 0x080490e8
(gdb) run
Starting program: /home/daushakov/work/arch-pc/lab09/lab9-3 argument 1 argument 2 argument\ 3

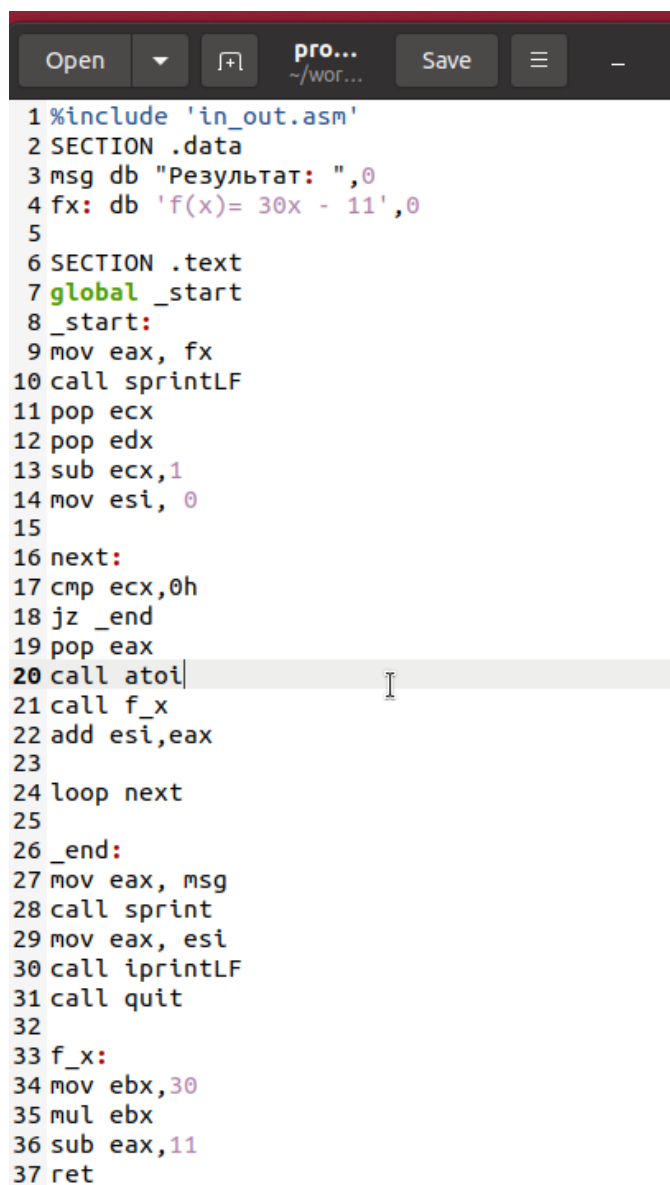
Breakpoint 1, 0x080490e8 in _start ()
(gdb) x/x $esp
0xffffd190:      0x00000006
(gdb)
0xffffd194:      0xffffd350
(gdb) x/s *(void**)(esp + 4)
0xffffd350:      "/home/daushakov/work/arch-pc/lab09/lab9-3"
(gdb) x/s *(void**)(esp + 8)
0xffffd37a:      "argument"
(gdb) x/s *(void**)(esp + 12)
0xffffd383:      "1"
(gdb) x/s *(void**)(esp + 16)
0xffffd385:      "argument"
(gdb) x/s *(void**)(esp + 20)
0xffffd38e:      "2"
(gdb) x/s *(void**)(esp + 24)
0xffffd390:      "argument 3"
(gdb) c
Continuing.
argument
1
argument
2
argument 3
[Inferior 1 (process 4090) exited normally]
(gdb)
```

Рис. 2.15: Вывод значения регистра

Шаг изменения адреса равен 4, так как каждый следующий адрес на стеке находится на расстоянии 4 байт от предыдущего ([esp+4], [esp+8], [esp+12]).

2.3 Задание для самостоятельной работы

Преобразовал программу из лабораторной работы №8 (Задание №1 для самостоятельной работы), реализовав вычисление значения функции $f(x)$ как подпрограмму. (рис. 2.16) (рис. 2.17)



```
1 %include 'in_out.asm'
2 SECTION .data
3 msg db "Результат: ",0
4 fx: db 'f(x)= 30x - 11',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 f_x
22 add esi,eax
23
24 loop next
25
26 _end:
27 mov eax, msg
28 call sprintf
29 mov eax, esi
30 call iprintLF
31 call quit
32
33 f_x:
34 mov ebx,30
35 mul ebx
36 sub eax,11
37 ret
```

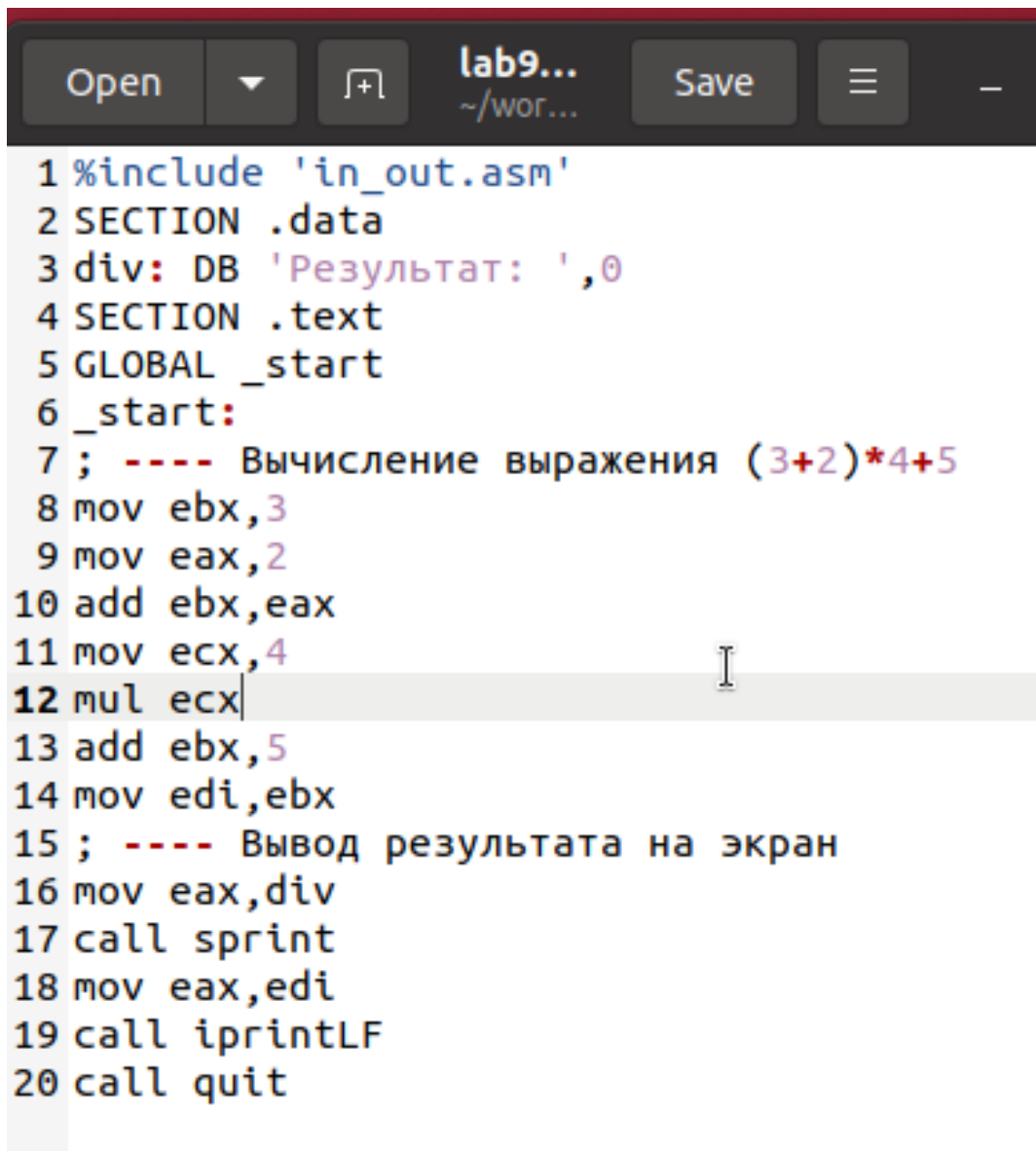
Рис. 2.16: Код программы prog-1.asm

```
daushakov@VirtualBox-Ubuntu:~/work/arch-pc/lab09$ nasm -f elf prog-1.asm
daushakov@VirtualBox-Ubuntu:~/work/arch-pc/lab09$ ld -m elf_i386 -o prog-1 prog-1.o
daushakov@VirtualBox-Ubuntu:~/work/arch-pc/lab09$ ./prog-1
f(x)= 30x - 11
Результат: 0
daushakov@VirtualBox-Ubuntu:~/work/arch-pc/lab09$ ./prog-1 2
f(x)= 30x - 11
Результат: 49
daushakov@VirtualBox-Ubuntu:~/work/arch-pc/lab09$ ./prog-1 2 3
f(x)= 30x - 11
Результат: 128
daushakov@VirtualBox-Ubuntu:~/work/arch-pc/lab09$
```

Рис. 2.17: Компиляция и запуск программы prog-1.asm

В листинге приведена программа вычисления выражения $(3 + 2) * 4 + 5$. При запуске данная программа дает неверный результат. Проверил это, анализируя изменения значений регистров с помощью отладчика GDB.

Определил ошибку - перепутан порядок аргументов у инструкции add. Также обнаружил, что по окончании работы в edi отправляется ebx вместо eax.(рис. 2.18)

A screenshot of a code editor window titled 'lab9...' with a dark theme. The editor contains assembly code. Line 12, 'mul ecx', is highlighted in grey, and a vertical cursor is positioned at the end of the line. The code includes comments in Russian and various assembly instructions like 'mov', 'add', 'call', and 'quit'.

```
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. 2.18: Код с ошибкой

```

daushakov@VirtualBox-Ubuntu: ~/work/arch-pc/lab09
eax      0x8      8
ecx      0x4      4
edx      0x0      0
ebx      0xa      10
esp      0xffffd1d0 0xffffd1d0
ebp      0x0      0
esi      0x0      0
edi      0xa      10
eip      0x8049100 0x8049100 <_start+24>
eflags   0x206    [ PF IF ]
cs       0x23     35

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,0x5
0x80490fb <_start+19>     add     ebx,0x5
>0x80490fe <_start+22>    mov     edi,ebx04a000
0x8049100 <_start+24>    mov     eax,0x804a000rint>
0x8049105 <_start+29>    call    0x804900f <sprint>
0x804910a <_start+34>    mov     eax,edi86 <iprintLF>
0x804910c <_start+36>    call    0x8049086 <iprintLF>

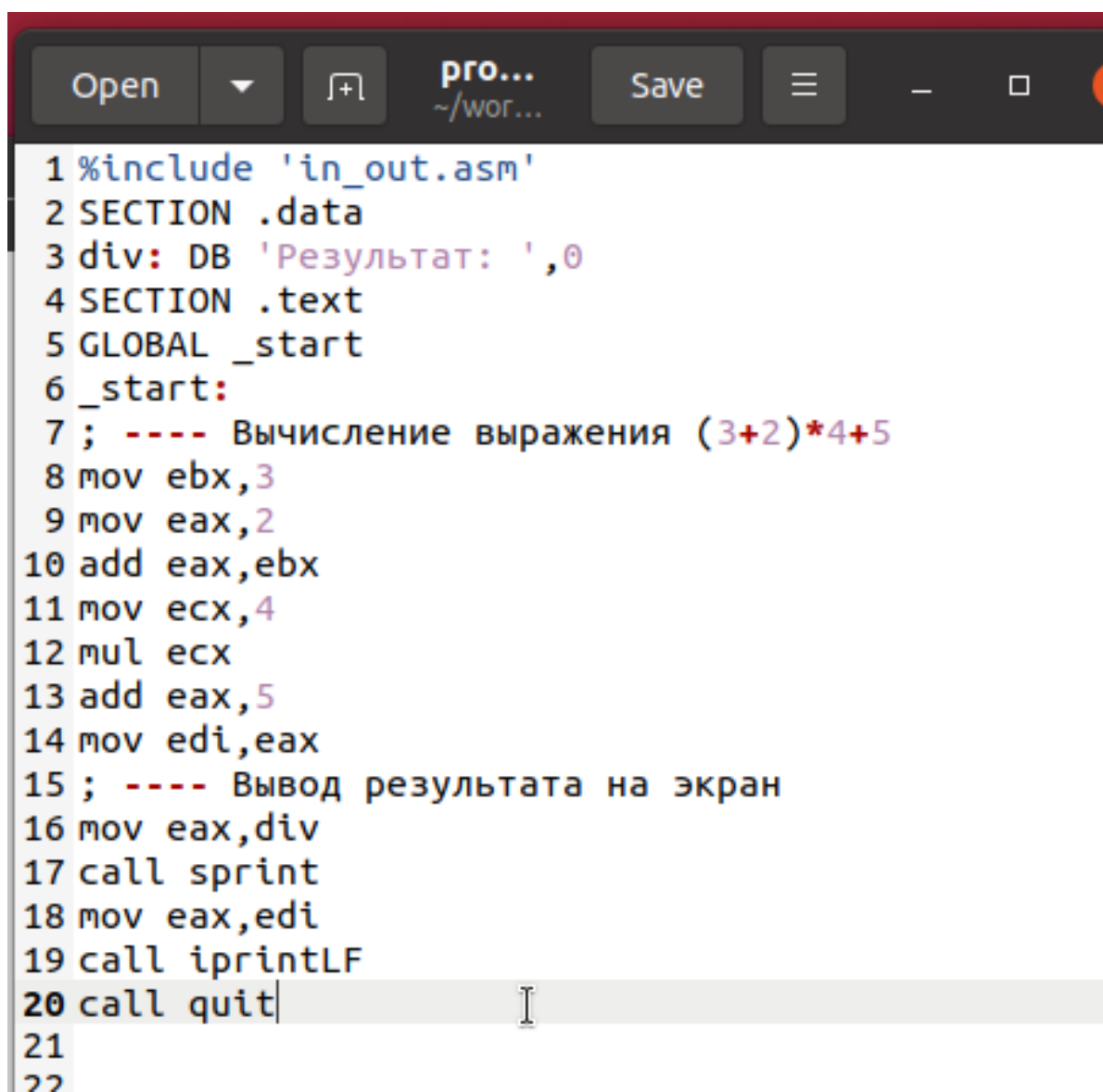
native process 4153 In: _start
(gdb) No process In:
(gdb) si
0x080490f9 in _start ()
(gdb) si
0x080490fb in _start ()
(gdb) si
0x080490fe in _start ()
(gdb) si
0x08049100 in _start ()
(gdb) c
Continuing.
Результат: 10
[Inferior 1 (process 4153) exited normally]
(gdb)

```

Рис. 2.19: Отладка

Отмечу, что перепутан порядок аргументов у инструкции add и что по окончании работы в edi отправляется ebx вместо eax (рис. 2.19)

Исправленный код программы (рис. 2.20) (рис. 2.21)



```
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. 2.20: Код исправлен

```

daushakov@VirtualBox-Ubuntu: ~/work/arch-pc/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
eip      0x8049100 0x8049100 < _start+24>
eflags   0x202     [ IF ]
cs       0x23      35

B+ 0x80490e8 <_start>      mov     ebx,0x3
B+ 0x80490e8 <_start+5>    mov     ebx,0x3
0x80490ed <_start+5>      mov     eax,0x2
0x80490f2 <_start+10>     add     eax,ebx
0x80490f4 <_start+12>     mov     ecx,0x4
0x80490f9 <_start+17>     mul     ecx,0x5
0x80490fb <_start+19>     add     eax,0x5
>0x80490fe <_start+22>    mov     edi,eax04a000
0x8049100 <_start+24>     mov     eax,0x804a000rint>
0x8049105 <_start+29>     call    0x804900f <sprint>
0x804910a <_start+34>     mov     eax,edi86 <iprintLF>
0x804910c <_start+36>     call    0x8049086 <iprintLF>

native process 4313 In: _start L?? PC: 0:
(gdb) No process In: L??
(gdb) si
0x080490f9 in _start ()
(gdb) si
0x080490fb in _start ()
(gdb) si
0x080490fe in _start ()
(gdb) si
0x08049100 in _start ()
(gdb) c
Continuing.
Результат: 25
[Inferior 1 (process 4313) exited normally]
(gdb)

```

Рис. 2.21: Проверка работы

3 Выводы

Освоили работу с подпрограммами и отладчиком.