

# **Отчёт по лабораторной работе 9**

**Архитектура компьютера**

Кубанов Мухаммад Азрет-Алиевич НПИбд-03-24

# Содержание

<b>1</b>	<b>Цель работы</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Выполнение лабораторной работы</b>	<b>6</b>
2.1	Реализация подпрограмм в NASM . . . . .	6
2.2	Отладка программ с помощью GDB . . . . .	10
2.3	Задание для самостоятельной работы . . . . .	22
<b>3</b>	<b>Выводы</b>	<b>29</b>

## Список иллюстраций

2.1	Программа в файле lab9-1.asm . . . . .	7
2.2	Запуск программы lab9-1.asm . . . . .	8
2.3	Программа в файле lab9-1.asm . . . . .	9
2.4	Запуск программы lab9-1.asm . . . . .	10
2.5	Программа в файле lab9-2.asm . . . . .	11
2.6	Запуск программы lab9-2.asm в отладчике . . . . .	12
2.7	Дизассимилированный код . . . . .	13
2.8	Дизассимилированный код в режиме интел . . . . .	14
2.9	Точка остановки . . . . .	15
2.10	Изменение регистров . . . . .	16
2.11	Изменение регистров . . . . .	17
2.12	Изменение значения переменной . . . . .	18
2.13	Вывод значения регистра . . . . .	19
2.14	Вывод значения регистра . . . . .	20
2.15	Программа в файле lab9-3.asm . . . . .	21
2.16	Вывод значения регистра . . . . .	22
2.17	Программа в файле task-1.asm . . . . .	23
2.18	Запуск программы task-1.asm . . . . .	24
2.19	Код с ошибкой в файле task-2.asm . . . . .	25
2.20	Отладка task-2.asm . . . . .	26
2.21	Код исправлен в файле task-2.asm . . . . .	27
2.22	Проверка работы task-2.asm . . . . .	28

## Список таблиц

# 1 Цель работы

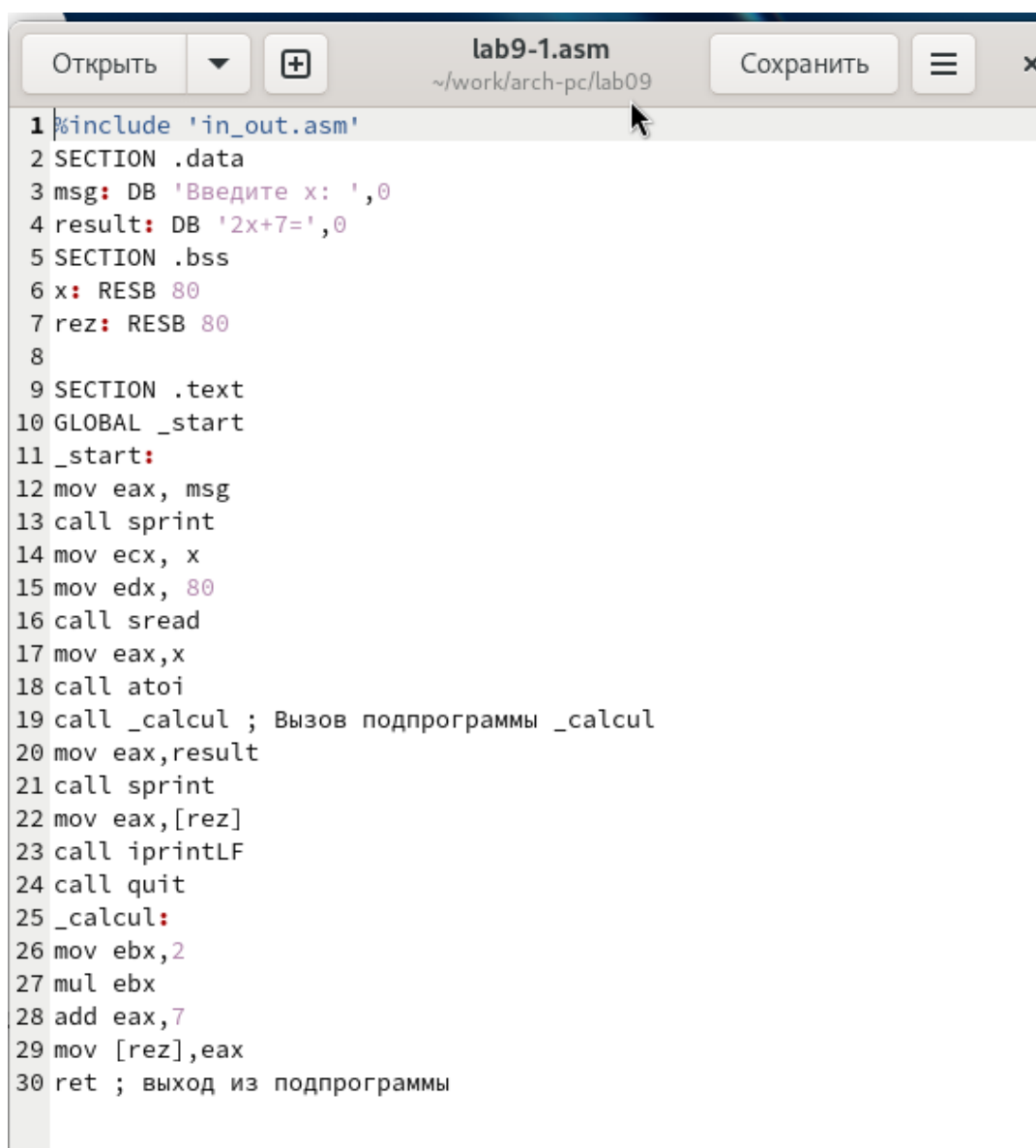
Целью работы является приобретение навыков написания программ с использованием подпрограмм. Знакомство с методами отладки при помощи GDB и его основными возможностями.

## 2 Выполнение лабораторной работы

### 2.1 Реализация подпрограмм в NASM

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
```

Рис. 2.1: Программа в файле lab9-1.asm

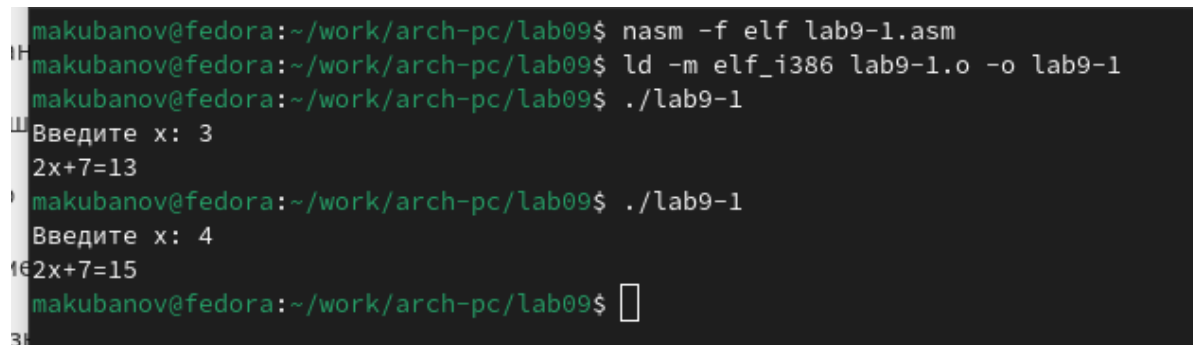
Первые строки программы отвечают за вывод сообщения на экран (с помощью вызова `sprint`), чтение данных, введенных с клавиатуры (с помощью вызова `sread`) и преобразование введенных данных из символьного вида в численный (с помощью вызова `atoi`).

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`).

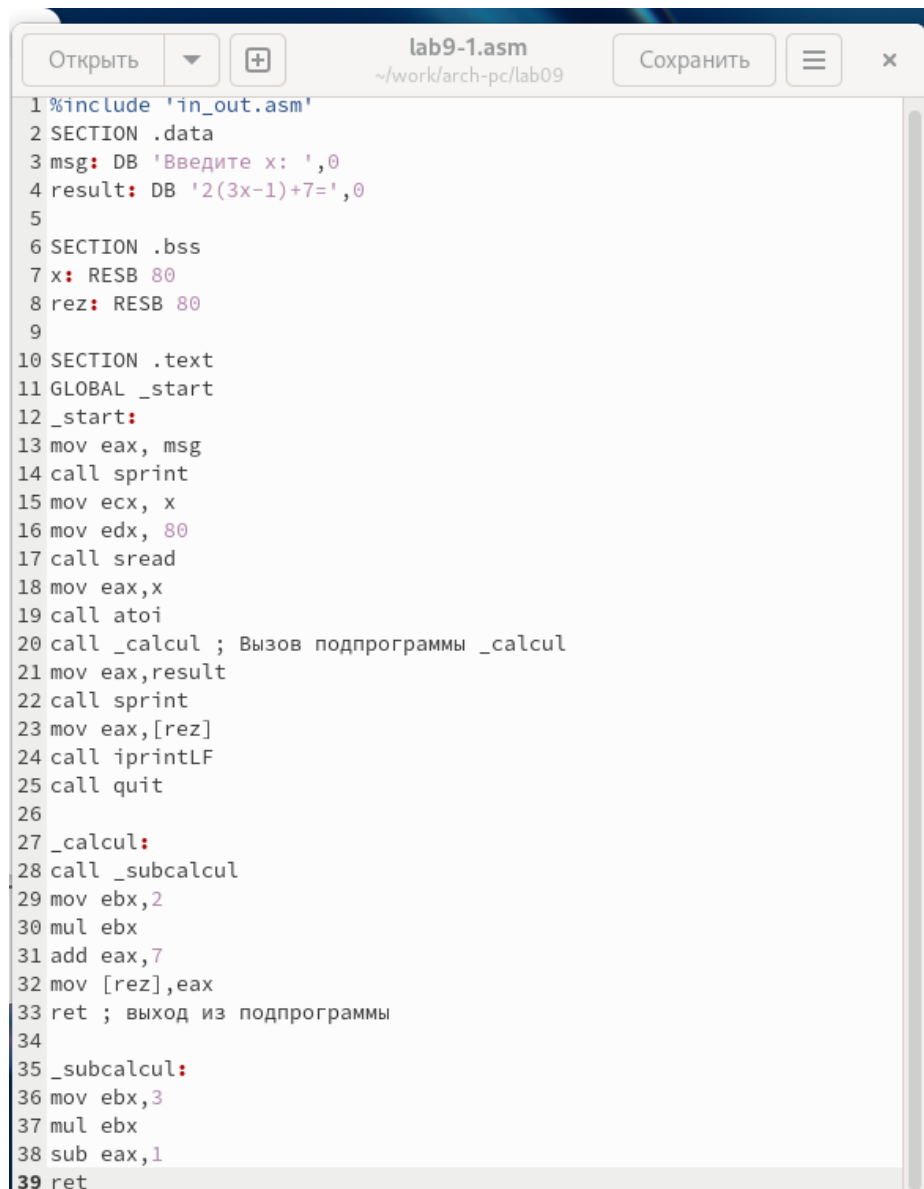


```
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ nasm -f elf lab9-1.asm
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ ld -m elf_i386 lab9-1.o -o lab9-1
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ ./lab9-1
Введите x: 3
2x+7=13
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ ./lab9-1
Введите x: 4
2x+7=15
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$
```

Рис. 2.2: 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
```

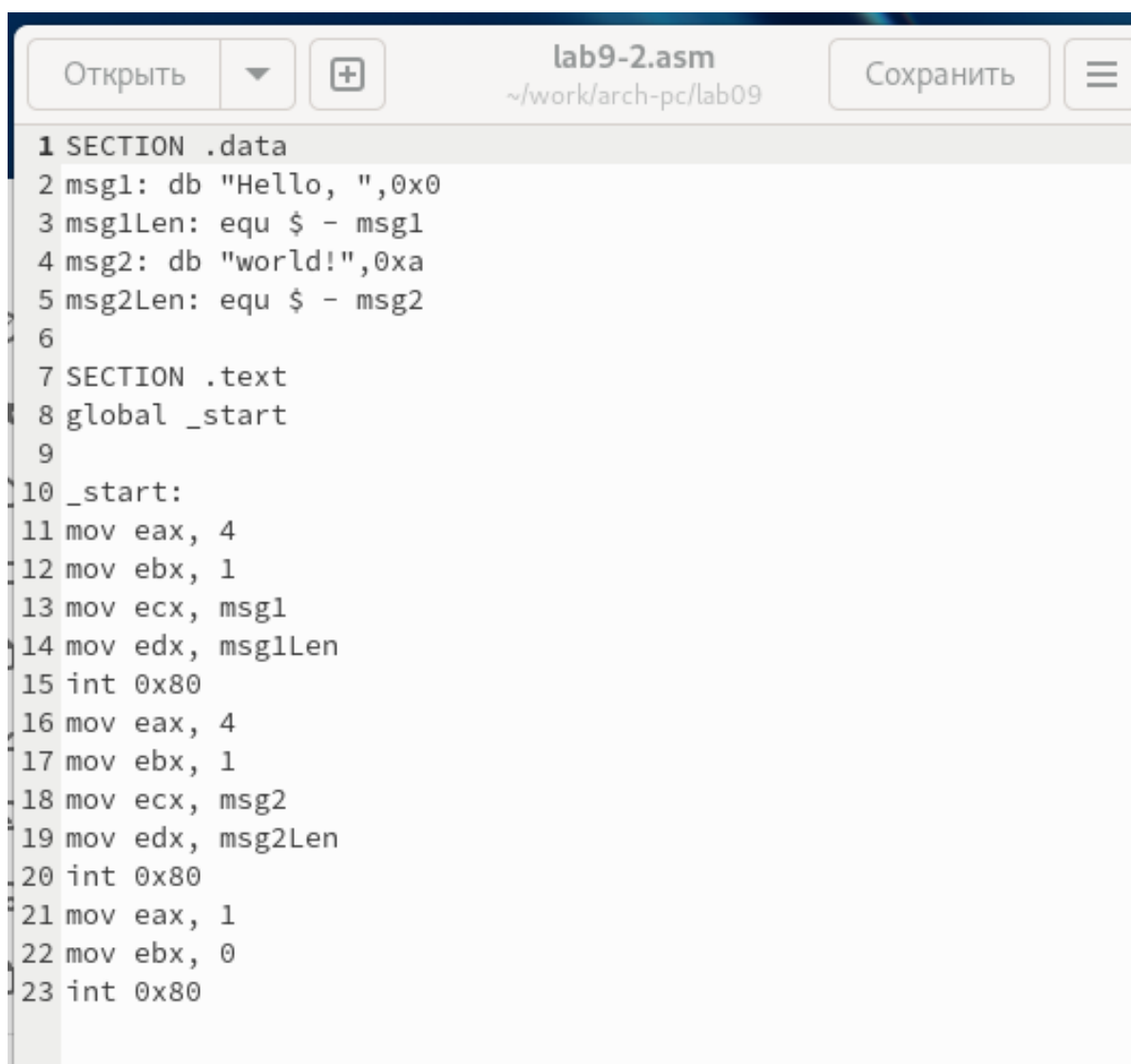
Рис. 2.3: Программа в файле lab9-1.asm

```
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ nasm -f elf lab9-1.asm
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ ld -m elf_i386 lab9-1.o -o lab9-1
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ ./lab9-1
Введите x: 3
2(3x-1)+7=23
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ ./lab9-1
Введите x: 4
2(3x-1)+7=29
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$
```

Рис. 2.4: Запуск программы lab9-1.asm

## 2.2 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
```

Рис. 2.5: 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).

```

makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ nasm -f elf -g -l lab9-2.lst lab9-2.asm
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ ld -m elf_i386 -o lab9-2 lab9-2.o
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ gdb lab9-2
GNU gdb (Fedora Linux) 15.1-1.fc39
Copyright (C) 2024 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-redhat-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/>.

For help, type "help".
Type "apropos word" to search for commands related to "word"...
Reading symbols from lab9-2...
(gdb) r
Starting program: /home/makubanov/work/arch-pc/lab09/lab9-2

This GDB supports auto-downloading debuginfo from the following URLs:
    <https://debuginfod.fedoraproject.org/>
Enable debuginfod for this session? (y or [n])
Debuginfod has been disabled.
To make this setting permanent, add 'set debuginfod enabled off' to .gdbinit.
Hello, world!
[Inferior 1 (process 9391) exited normally]
(gdb)

```

Рис. 2.6: 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.

```
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09 — gdb lab9-2
For help, type "help".
Type "apropos word" to search for commands related to "word"...
Reading symbols from lab9-2...
(gdb) r
Starting program: /home/makubanov/work/arch-pc/lab09/lab9-2

This GDB supports auto-downloading debuginfo from the following URLs:
  <https://debuginfod.fedoraproject.org/>
Enable debuginfod for this session? (y or [n])
Debuginfod has been disabled.
To make this setting permanent, add 'set debuginfod enabled off' to .gdbinit.
Hello, world!
[Inferior 1 (process 9391) exited normally]
(gdb) break _start
Breakpoint 1 at 0x8049000: file lab9-2.asm, line 11.
(gdb) r
Starting program: /home/makubanov/work/arch-pc/lab09/lab9-2

Breakpoint 1, _start () at lab9-2.asm:11
11      mov     eax, 4
(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: Дизассимилированный код

```
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09 — gdb lab9-2

Breakpoint 1, _start () at lab9-2.asm:11
11      mov eax, 4
(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: 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`). Устано-

вил 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 title bar 'makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09 — gdb lab9-2'. The window is divided into three main sections:

- Register group: general:** A table showing the current values of general-purpose registers.
 

Register	Value	Comment
eax	0x0	0
ecx	0x0	0
edx	0x0	0
ebx	0x0	0
esp	0xffffd100	0xffffd100
ebp	0x0	0x0
esi	0x0	0
edi	0x0	0
eip	0x8049000	0x8049000 <_start>
eflags	0x202	[ IF ]
- Assembly instructions:** A list of instructions starting from address 0x8049000. The instruction at 0x8049031 is highlighted with a red box.
 

```

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
      
```
- Command history and status:** The bottom section shows the execution of GDB commands and the current state of breakpoints.
 

```

native process 9395 (asm) In: _start          L11  PC: 0x8049000
(gdb) layout regs
(gdb) b *0x8049031
Breakpoint 2 at 0x8049031: file lab9-2.asm, line 22.
(gdb) i b
Num    Type             Disp Enb Address      What
1      breakpoint        keep y   0x08049000 lab9-2.asm:11
       breakpoint already hit 1 time
2      breakpoint        keep y   0x08049031 lab9-2.asm:22
(gdb)
      
```

Рис. 2.9: 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.

```
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09 — gdb lab9-2
Register group: general
eax      0x4      4
ecx      0x0      0
edx      0x0      0
ebx      0x0      0
esp      0xffffd100 0xffffd100
ebp      0x0      0x0
esi      0x0      0
edi      0x0      0
eip      0x8049005 0x8049005 <_start+5>
eflags   0x202    [ IF ]

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 9395 (asm) In: _start L12 PC: 0x8049005
edi      0x0      0
eip      0x8049000 0x8049000 <_start>
eflags   0x202    [ IF ]
cs       0x23     35
--Type <RET> for more, q to quit, c to continue without paging--
ss       0x2b     43
ds       0x2b     43
es       0x2b     43
fs       0x0      0
gs       0x0      0
(gdb) si
(gdb)
```

Рис. 2.10: Изменение регистров



```
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09 — gdb lab9-2

Register group: general
eax      0x8      8
ecx      0x804a000 134520832
edx      0x8      8
ebx      0x1      1
esp      0xffffd100 0xffffd100
ebp      0x0      0x0
esi      0x0      0
edi      0x0      0
eip      0x8049016 0x8049016 <_start+22>
eflags   0x202    [ IF ]

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 9395 (asm) In: _start L16 PC: 0x8049016
--Type <RET> for more, q to quit, c to continue without paging--
ss      0x2b      43
ds      0x2b      43
es      0x2b      43
fs      0x0      0
gs      0x0      0
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) 
```

Рис. 2.11: 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 terminal window with the title bar "makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09 — gdb lab9-2". The window is divided into two main sections. The top section, titled "Register group: general", displays the current values of various CPU registers: 

eax	0x8	8
ecx	0x804a000	134520832
edx	0x8	8
ebx	0x1	1
esp	0xffffd100	0xffffd100
ebp	0x0	0x0
esi	0x0	0
edi	0x0	0
eip	0x8049016	0x8049016 <_start+22>
eflags	0x202	[ IF ]

. The bottom section displays assembly code for the function "\_start", with instructions ranging from address 0x8049000 to 0x804902c. The instruction at 0x8049016, "mov eax, 0x4", is highlighted with a blue selection box. Below the assembly code, the GDB prompt shows the user's commands and the program's output: 

```
(gdb) x/1sb &msg1
0x804a000 <msg1>:      "Hello, "
(gdb) x/1sb 0x804a008
0x804a008 <msg2>:      "world!\n\034"
(gdb) set {char}&msg1='h'
(gdb) x/1sb &msg1
0x804a000 <msg1>:      "hello, "
(gdb) set {char}0x804a008='L'
(gdb) x/1sb 0x804a008
0x804a008 <msg2>:      "Lorld!\n\034"
0x804a011:      ""
(gdb)
```

Рис. 2.12: Изменение значения переменной

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

```
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09 — gdb lab9-2

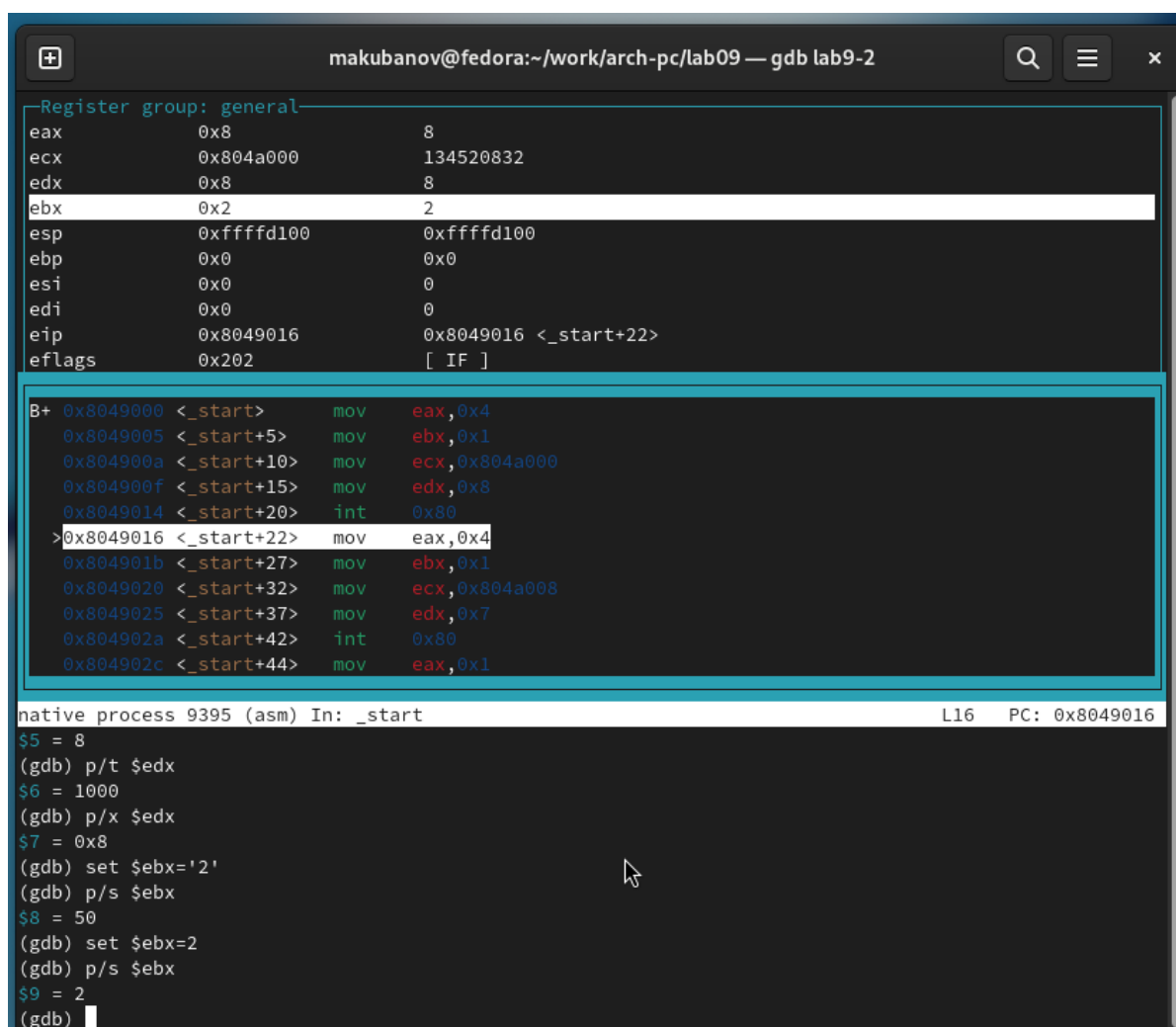
Register group: general
eax      0x8      8
ecx      0x804a000 134520832
edx      0x8      8
ebx      0x1      1
esp      0xffffd100 0xffffd100
ebp      0x0      0x0
esi      0x0      0
edi      0x0      0
eip      0x8049016 0x8049016 <_start+22>
eflags   0x202    [ IF ]

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 9395 (asm) In: _start L16 PC: 0x8049016
$2 = 1000
(gdb) p/s $ecx
$3 = 134520832
(gdb) p/x $ecx
$4 = 0x804a000
(gdb) p/s $edx
$5 = 8
(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



```
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09 — gdb lab9-2

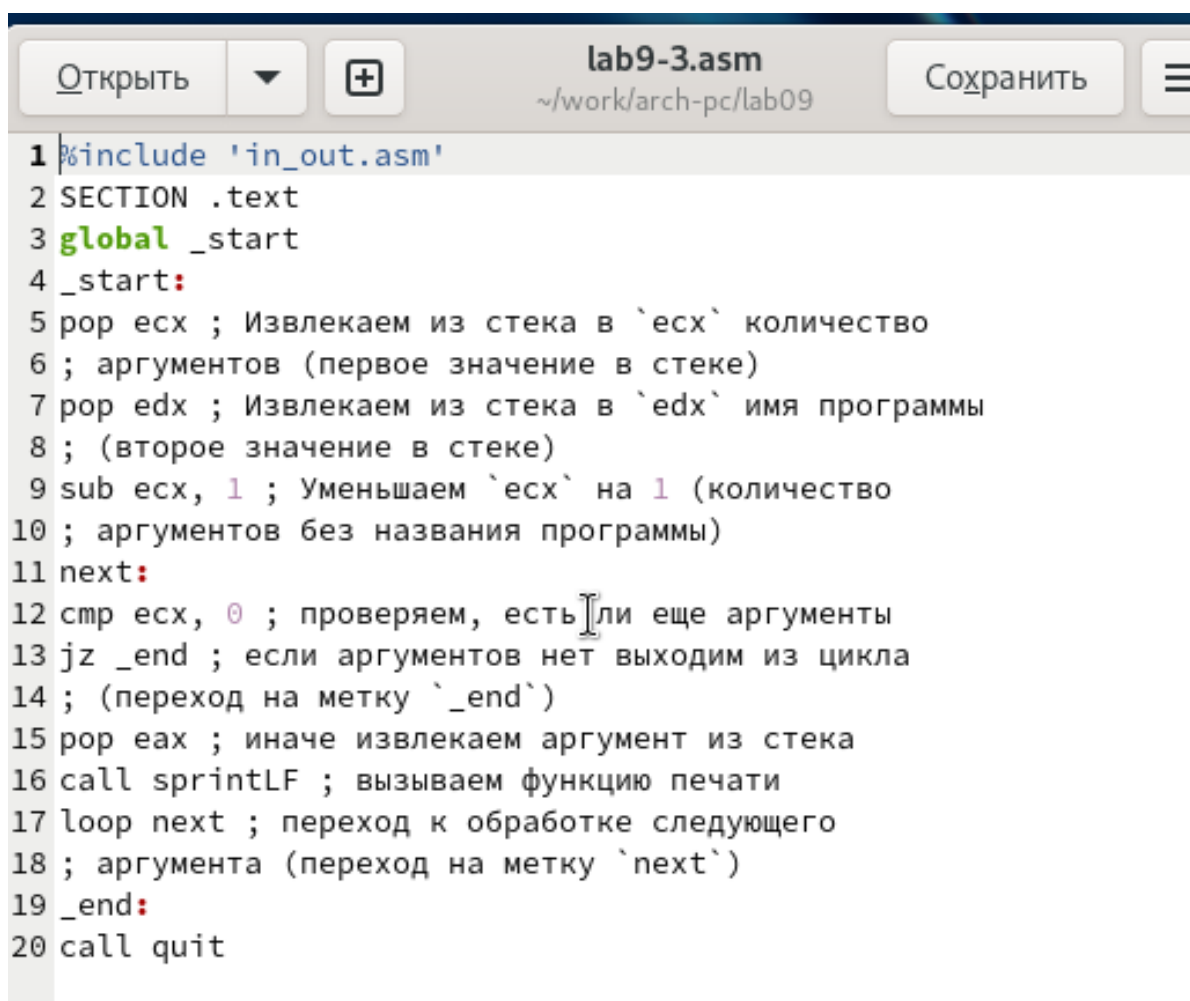
Register group: general
eax      0x8      8
ecx      0x804a000 134520832
edx      0x8      8
ebx      0x2      2
esp      0xffffd100 0xffffd100
ebp      0x0      0x0
esi      0x0      0
edi      0x0      0
eip      0x8049016 0x8049016 <_start+22>
eflags   0x202    [ IF ]

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 9395 (asm) In: _start L16 PC: 0x8049016
$5 = 8
(gdb) p/t $edx
$6 = 1000
(gdb) p/x $edx
$7 = 0x8
(gdb) set $ebx='2'
(gdb) p/s $ebx
$8 = 50
(gdb) set $ebx=2
(gdb) p/s $ebx
$9 = 2
(gdb)
```

Рис. 2.14: 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
```

Рис. 2.15: 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.

```
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09 — gdb --args lab9-3 argument 1 argument 2 a...
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/>.

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 0x80490e8: file lab9-3.asm, line 5.
(gdb) r
Starting program: /home/makubanov/work/arch-pc/lab09/lab9-3 argument 1 argument 2 argument\ 3

This GDB supports auto-downloading debuginfo from the following URLs:
<https://debuginfod.fedoraproject.org/>
Enable debuginfod for this session? (y or [n])
Debuginfod has been disabled.
To make this setting permanent, add 'set debuginfod enabled off' to .gdbinit.

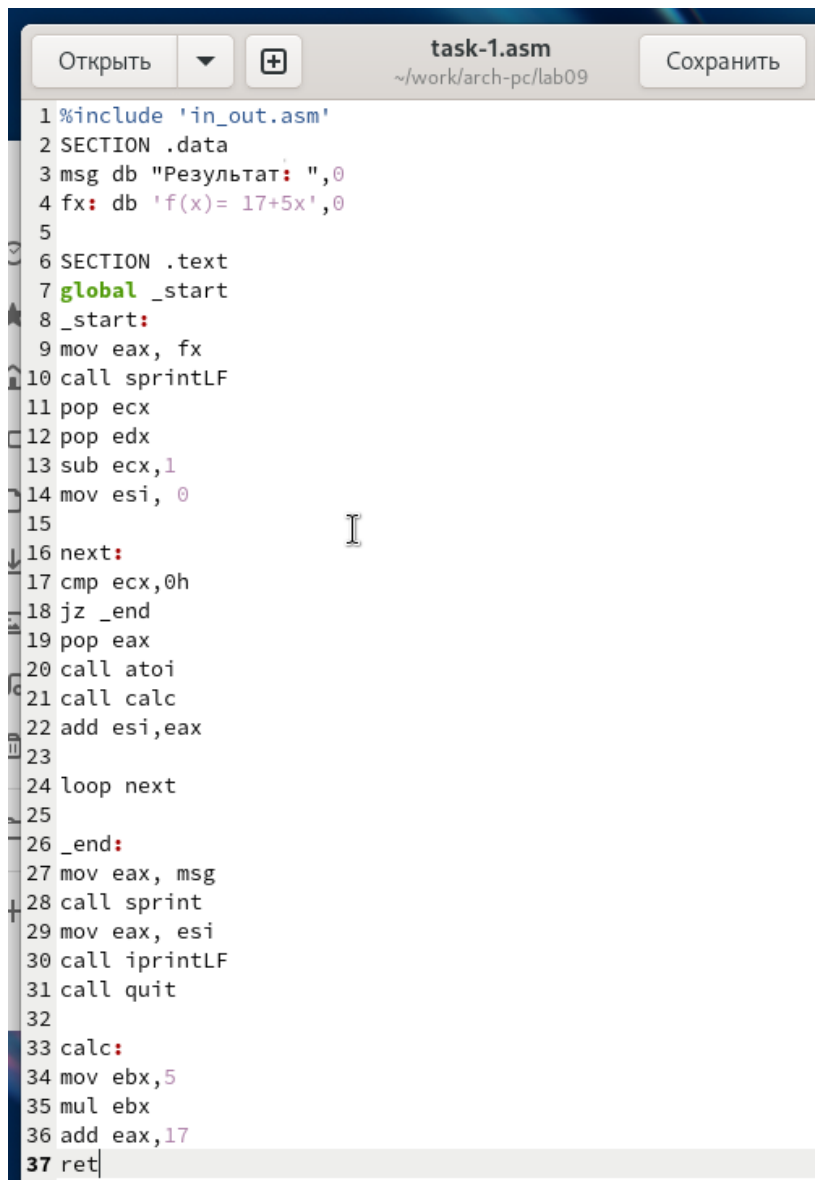
Breakpoint 1, _start () at lab9-3.asm:5
5      pop ecx ; Извлекаем из стека в `ecx` количество
(gdb) x/x $esp
0xffffd0d0: 0x00000006
(gdb) x/s *(void**)(esp + 4)
0xffffd291: "/home/makubanov/work/arch-pc/lab09/lab9-3"
(gdb) x/s *(void**)(esp + 8)
0xffffd2bb: "argument"
(gdb) x/s *(void**)(esp + 12)
0xffffd2c4: "1"
(gdb) x/s *(void**)(esp + 16)
0xffffd2c6: "argument"
(gdb) x/s *(void**)(esp + 20)
0xffffd2cf: "2"
(gdb) x/s *(void**)(esp + 24)
0xffffd2d1: "argument 3"
(gdb)
```

Рис. 2.16: Вывод значения регистра

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

## 2.3 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)= 17+5x',0
5
6 SECTION .text
7 global _start
8 _start:
9 mov eax, fx
10 call sprintLF
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 iprintLF
31 call quit
32
33 calc:
34 mov ebx,5
35 mul ebx
36 add eax,17
37 ret
```

Рис. 2.17: Программа в файле task-1.asm

```
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$  
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ nasm -f elf task-1.asm  
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ ld -m elf_i386 task-1.o -o task-1  
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ ./task-1  
f(x)= 17+5x  
Результат: 0  
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ ./task-1 3  
f(x)= 17+5x  
Результат: 32  
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$ ./task-1 3 6 4 7 9  
f(x)= 17+5x  
Результат: 230  
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09$
```

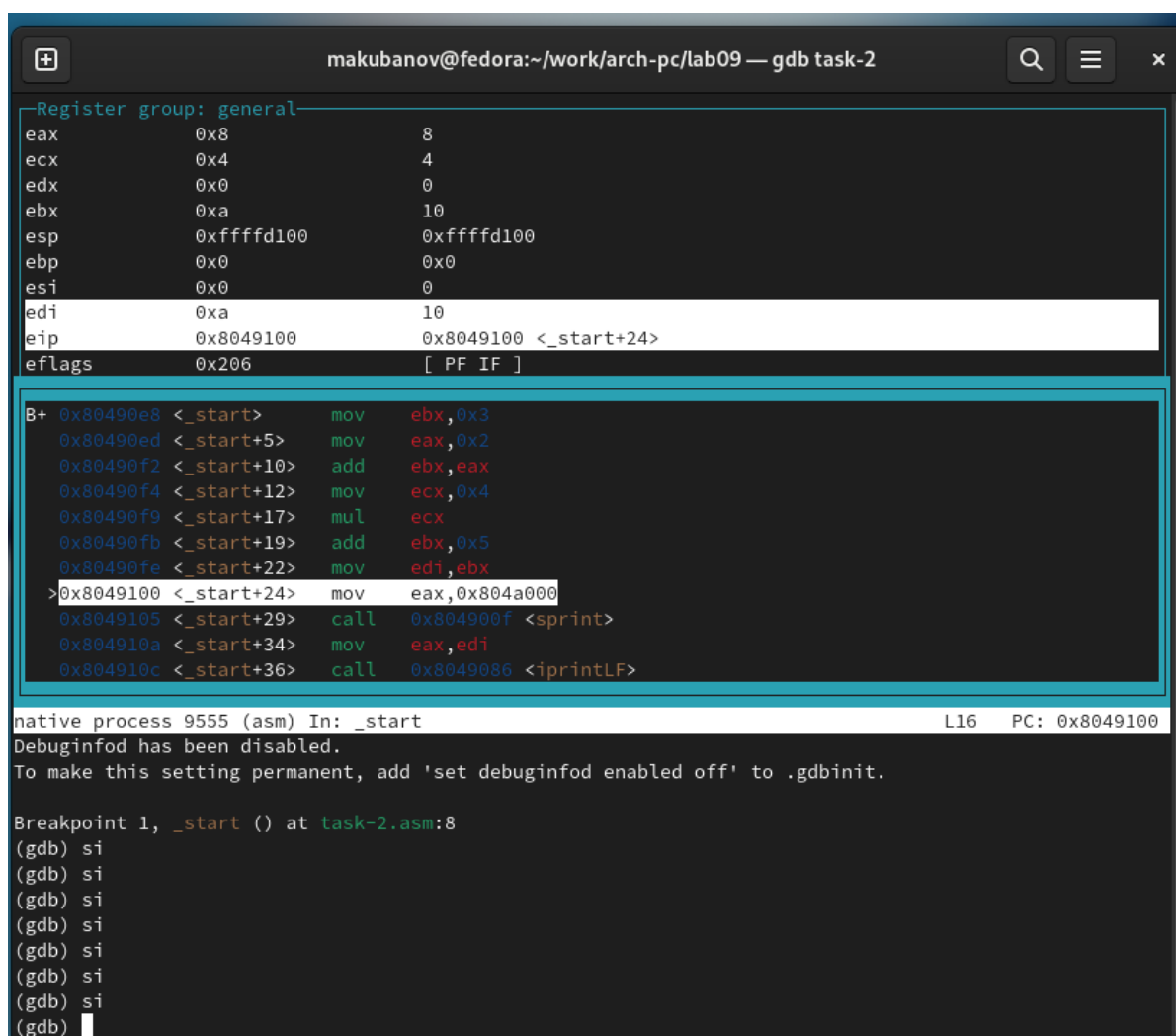
Рис. 2.18: Запуск программы task-1.asm

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.



```
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. 2.19: Код с ошибкой в файле task-2.asm



The screenshot shows a GDB terminal window with the title bar "makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09 — gdb task-2". 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` (0x4), `edx` (0x0), `ebx` (0xa), `esp` (0xffffd100), `ebp` (0x0), `esi` (0x0), `edi` (0xa), `eip` (0x8049100), and `eflags` (0x206). The middle section displays assembly code for the program, with instructions and their addresses: `0x80490e8 <_start> 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,ebx`, `0x8049100 <_start+24> mov eax,0x804a000`, `0x8049105 <_start+29> call 0x804900f <sprint>`, `0x804910a <_start+34> mov eax,edi`, and `0x804910c <_start+36> call 0x8049086 <iprintLF>`. The bottom section shows the GDB prompt and the current state: "native process 9555 (asm) In: \_start", "L16 PC: 0x8049100", "Debuginfod has been disabled.", "To make this setting permanent, add 'set debuginfod enabled off' to .gdbinit.", "Breakpoint 1, \_start () at task-2.asm:8", and a series of "(gdb) si" commands being entered.

```
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09 — gdb task-2

Register group: general
eax      0x8      8
ecx      0x4      4
edx      0x0      0
ebx      0xa      10
esp      0xffffd100 0xffffd100
ebp      0x0      0x0
esi      0x0      0
edi      0xa      10
eip      0x8049100 0x8049100 <_start+24>
eflags   0x206    [ PF IF ]

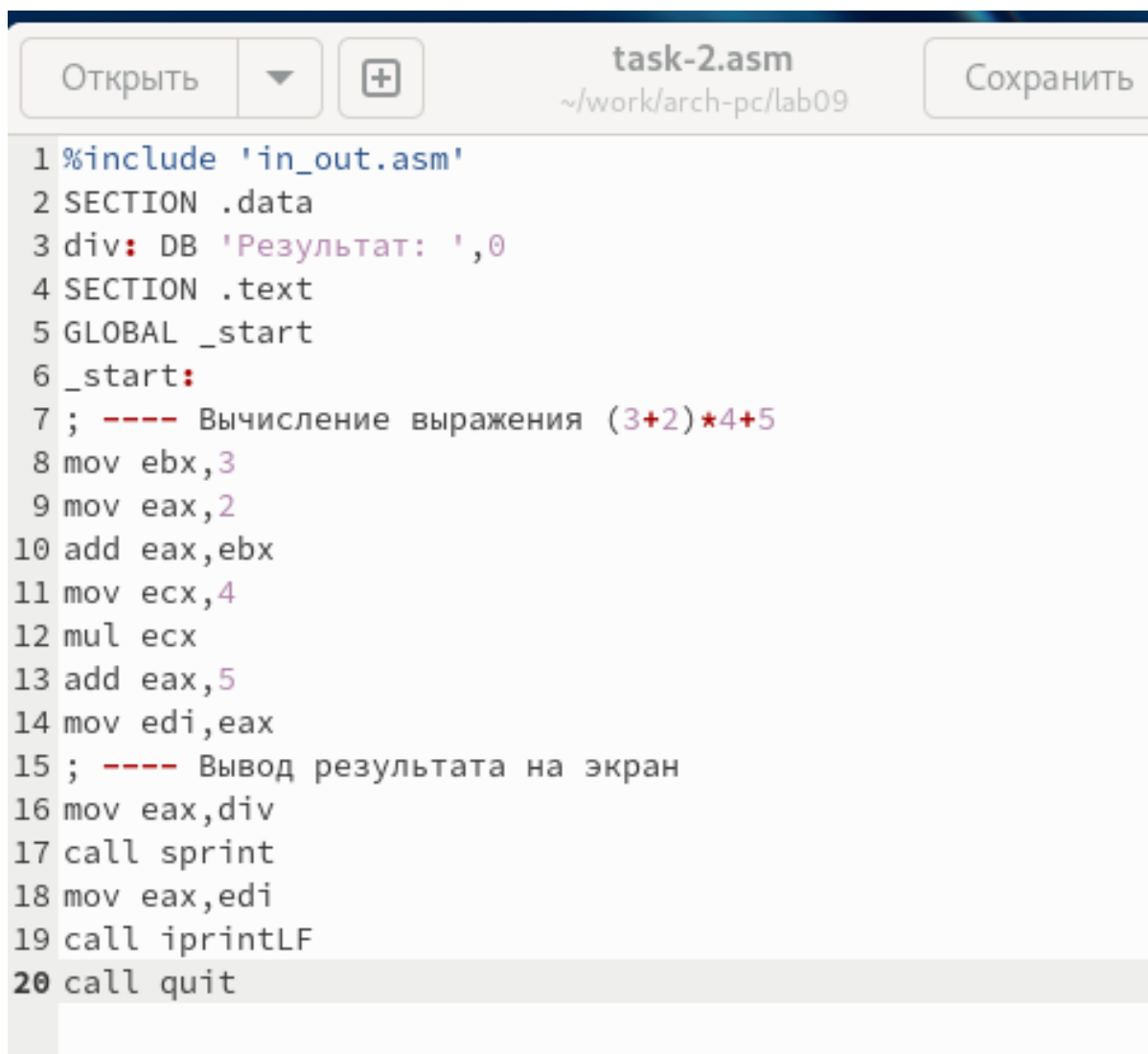
B+ 0x80490e8 <_start>    mov     ebx,0x3
   0x80490ed <_start+5>  mov     eax,0x2
   0x80490f2 <_start+10> add     ebx,eax
   0x80490f4 <_start+12> mov     ecx,0x4
   0x80490f9 <_start+17> mul     ecx
   0x80490fb <_start+19> add     ebx,0x5
   0x80490fe <_start+22> mov     edi,ebx
> 0x8049100 <_start+24> mov     eax,0x804a000
   0x8049105 <_start+29> call    0x804900f <sprint>
   0x804910a <_start+34> mov     eax,edi
   0x804910c <_start+36> call    0x8049086 <iprintLF>

native process 9555 (asm) In: _start                                L16    PC: 0x8049100
Debuginfod has been disabled.
To make this setting permanent, add 'set debuginfod enabled off' to .gdbinit.

Breakpoint 1, _start () at task-2.asm:8
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
```

Рис. 2.20: 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
```

Рис. 2.21: Код исправлен в файле task-2.asm

```
makubanov@fedora:~/work/arch-pc/lab09 — gdb task-2
eax  s----- 25
      fffd100      xffffd100
      [ Register Values Unavailable ]
      9 5
0x8049100 <_start+24> mov    eax,0x804a000
0x8049105 <_start+29> call   0x804900f <sprint>
0x804910a <_start+34> mov    ecx,0di
0x804910c <_start+36> call   0x8049086 <iprintf>
0x8049111 <_start+41> call   0x80490db <quit>
>
      04a000
      rint>
      86 <iprintf>
native process 9601 (asm) In: _start L16 PC: 0x8049100
No process (asm) In: L?? PC: ??
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) si
(gdb) c
Continuing.
Результат: 25
[Inferior 1 (process 9601) exited normally]
(gdb)
```

Рис. 2.22: Проверка работы task-2.asm

## **3 Выводы**

Освоили работу с подпрограммами и отладчиком.