РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ

Факультет физико-математических и естественных наук

Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей

ОТЧЕТ

ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 09

<<ПОНЯТИЕ ПОДПРОГРАММЫ. ОТЛАДЧИК GDB >>

дисциплина: Архитектура компьютера

Студент: ИБРАХИМ ХИССЕИН ГАНА

Группа: НПИбд 01-25

МОСКВА

2025г.

1. Цель работы

Приобретение навыков написания программ с использованием подпрограмм. Знакомство с методами отладки при помощи GDB и его основными возможностями.

2. Реализация подпрограмм в NASM

2.1 Программа lab09-1.asm (вычисление 2x+7)

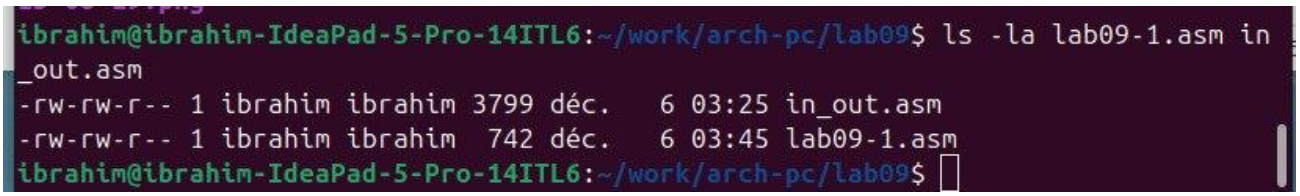
Исходная программа:

```assembly
%include 'in_out.asm'
SECTION .data
    msg: DB 'Введите x:',0
    result: DB '2x+7=',0
SECTION .bss
    x: RESB 80
    res: RESB 80
SECTION .text
GLOBAL _start
_start:
    mov eax, msg
    call sprint
    mov ecx, x
    mov edx, 80
    call sread
    mov eax,x
    call atoi
    call _calcul
    mov eax,result
    call sprint
    mov eax,[res]
    call iprintLF
```

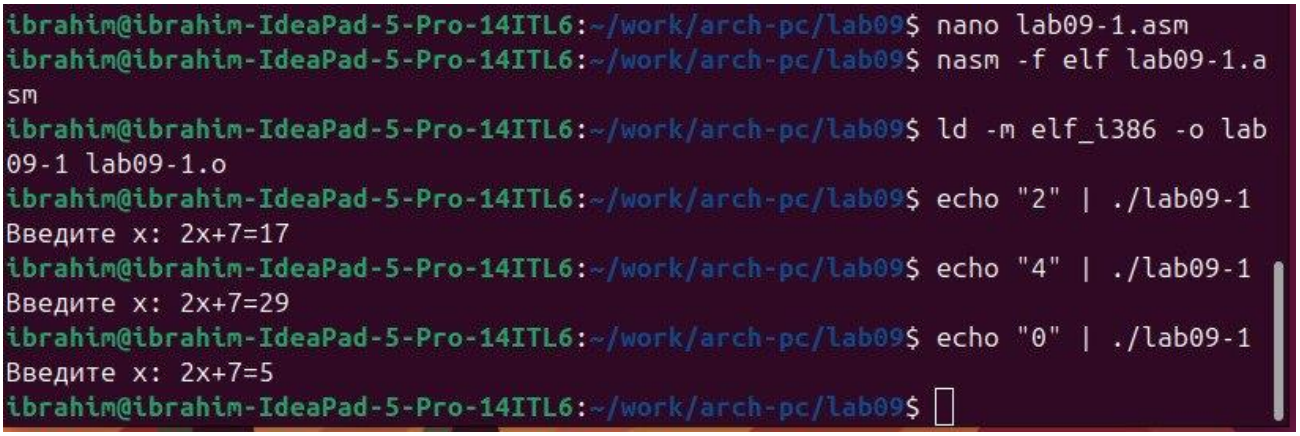
```
call quit


_calcul:
    mov ebx,2
    mul ebx
    add eax,7
    mov [res],eax
    ret
```

Создание файлов:



Тестирование оригинальной программы (x=5 → 17):



2.2 Модификация с подпрограммой _subcalcul Измененный код (добавлена _subcalcul для g(x)=3x-1):

```
_subcalcul:
    mov ebx, 3
    mul ebx        ; eax = 3x
    sub eax, 1     ; eax = 3x - 1
```

```
        ret
_calcul:
        call _subcalcul      ; eax = g(x)
        mov ebx, 2
        mul ebx              ; eax = 2 * g(x)
        add eax, 7           ; eax = 2*g(x) + 7
        mov [res], eax
        ret
```

Код после исправления синтаксических ошибок:

```
    mov eax,[res]
    call iprintLF

    call quit

; --- programme _subcalcul (g(x) = 3x - 1) ---
_subcalcul:
    mov ebx, 3
    mul ebx      ; eax = 3*x
    sub eax, 1   ; eax = 3*x - 1
    ret

; --- programme _calcul (f(g(x))) ---
_calcul:
    call _subcalcul  ; eax = g(x)
    mov ebx, 2
    mul ebx          ; eax = 2 * g(x)
    add eax, 7       ; eax = 2*g(x) + 7
    mov [res], eax
    ret
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$
```

Компиляция исправленной программы:

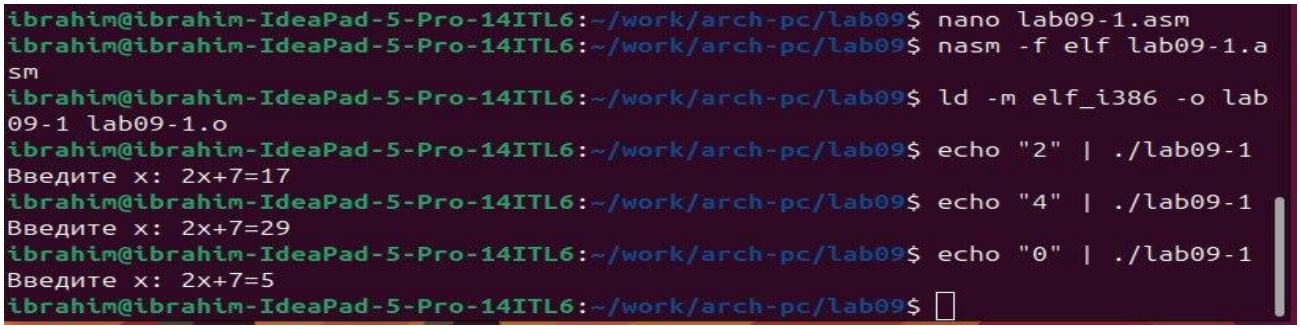
```
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$ nasm -f elf lab09-1.a
sm
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$ ld -m elf_i386 -o lab
09-1 lab09-1.o
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$
```

Тестирование модифицированной программы:

x=2 → f(g(2)) = 2(32-1)+7 = 2*5+7 = 17

x=4 → f(g(4)) = 2(34-1)+7 = 2*11+7 = 29

x=0 → f(g(0)) = 2(30-1)+7 = 2*(-1)+7 = 5



3. Отладка с помощью GDB 3.1 Программа Hello World (lab09-2.asm)

Исходный код программы:

```
SECTION .data
        msg1:           db “Hello,”,0x0
        msg1Len:          equ $ - msg1
        msg2:           db “world!”,0xa
        msg2Len:          equ $ - msg2
SECTION .text
        global _start
 _start:
        mov eax, 4
        mov ebx, 1
        mov ecx, msg1
        mov edx, msg1Len
        int 0x80
        mov eax, 4
        mov ebx, 1
        mov ecx, msg2
        mov edx, msg2Len
        int 0x80
        mov eax, 1
        mov ebx, 0
        int 0x80
```

Создание файла:

```
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$ cat lab09-2.asm
SECTION .data
    msg1:     db "Hello, ",0x0
    msg1Len:    equ $ - msg1

    msg2:     db "world!",0xa
    msg2Len:    equ $ - msg2

SECTION .text
    global _start

_start:
    mov eax, 4
    mov ebx, 1
    mov ecx, msg1
    mov edx, msg1Len
    int 0x80

    mov eax, 4
    mov ebx, 1
    mov ecx, msg2
    mov edx, msg2Len
    int 0x80

    mov eax, 1
    mov ebx, 0
    int 0x80
```

Компиляция с отладочной информацией (-g):

```
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$ nasm -f elf -g -l lab
09-2.lst lab09-2.asm
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$ ld -m elf_i386 -o lab
09-2 lab09-2.o
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$ ls -la lab09-2 lab09-
2.o lab09-2.lst
-rwxrwxr-x 1 ibrahim ibrahim 9152 déc.   6 03:51 lab09-2
-rw-rw-r-- 1 ibrahim ibrahim 1421 déc.   6 03:51 lab09-2.lst
-rw-rw-r-- 1 ibrahim ibrahim 1616 déc.   6 03:51 lab09-2.o
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$
```

Запуск программы в GDB:

```
(gdb) run
Starting program: /home/ibrahim/work/arch-pc/lab09/lab09-2
Hello, world!
[Inferior 1 (process 6172) exited normally]
(gdb)
```

3.2 Основные возможности GDB

Установка точки останова на _start:

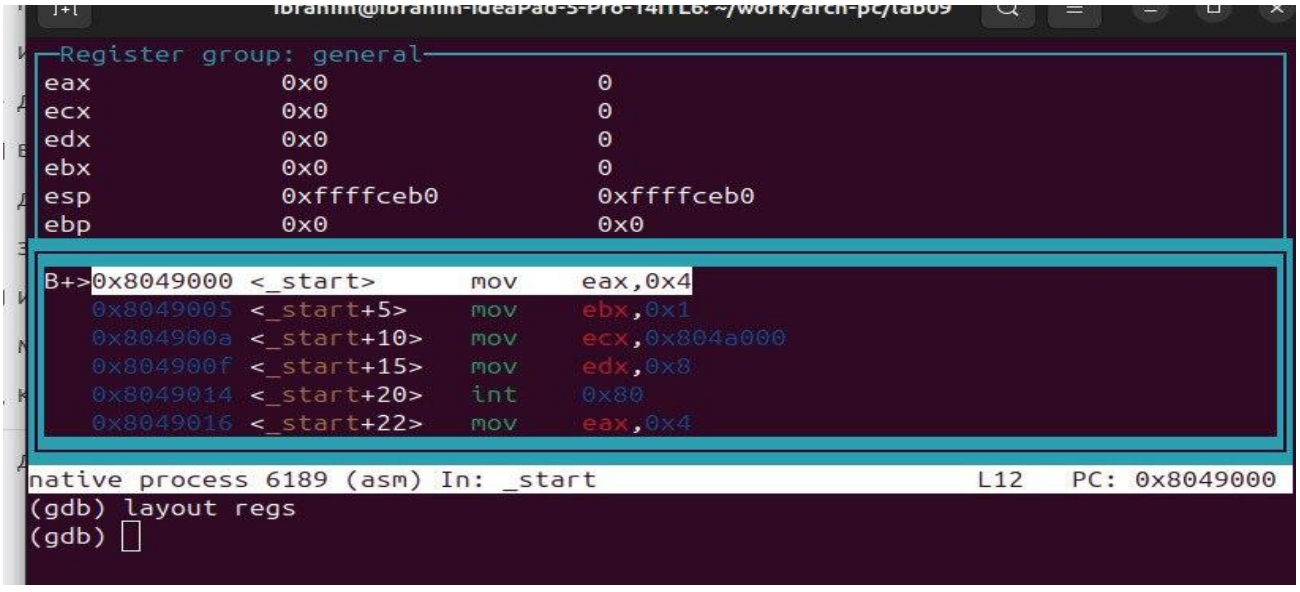
```
(gdb) break _start
Breakpoint 1 at 0x8049000: file lab09-2.asm, line 12.
(gdb) run
Starting program: /home/ibrahim/work/arch-pc/lab09/lab09-2

Breakpoint 1, _start () at lab09-2.asm:12
12          mov eax, 4
(gdb)
```

Дизассемблирование (синтаксис AT&T и Intel):

```
Breakpoint 1, _start () at lab09-2.asm:12
12              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)
```

Графический режим GDB (layout asm + layout regs):



Установка точки останова по адресу инструкции:

```
(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) layout asm
(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) break *0x08049031
Breakpoint 2 at 0x8049031: file lab09-2.asm, line 25.
(gdb) info breakpoints
Num     Type           Disp Enb Address    What
1       breakpoint     keep y   0x08049000 lab09-2.asm:12
        breakpoint already hit 1 time
2       breakpoint     keep y   0x08049031 lab09-2.asm:25
(gdb)
```

Просмотр регистров (info registers):

```
(gdb) info registers
eax            0x0                 0
ecx            0x0                 0
edx            0x0                 0
ebx            0x0                 0
esp            0xffffceb0          0xffffceb0
ebp            0x0                 0x0
esi            0x0                 0
edi            0x0                 0
eip            0x8049000           0x8049000 <_start>
eflags         0x202               [ IF ]
cs             0x23                35
ss             0x2b                43
ds             0x2b                43
es             0x2b                43
fs             0x0                 0
gs             0x0                 0
k0             0x0                 0
k1             0x0                 0
k2             0x0                 0
k3             0x0                 0
k4             0x0                 0
k5             0x0                 0
k6             0x0                 0
--Type <RET> for more, q to quit, c to continue without paging--
```

Просмотр содержимого памяти (команда x):

```
(gdb) info registers
eax            0x0                 0
ecx            0x0                 0
edx            0x0                 0
ebx            0x0                 0
esp            0xffffceb0          0xffffceb0
ebp            0x0                 0x0
esi            0x0                 0
edi            0x0                 0
eip            0x8049000           0x8049000 <_start>
eflags         0x202               [ IF ]
cs             0x23                35
ss             0x2b                43
ds             0x2b                43
es             0x2b                43
fs             0x0                 0
gs             0x0                 0
k0             0x0                 0
k1             0x0                 0
k2             0x0                 0
k3             0x0                 0
k4             0x0                 0
k5             0x0                 0
k6             0x0                 0
--Type <RET> for more, q to quit, c to continue without paging--
```

Изменение содержимого памяти:

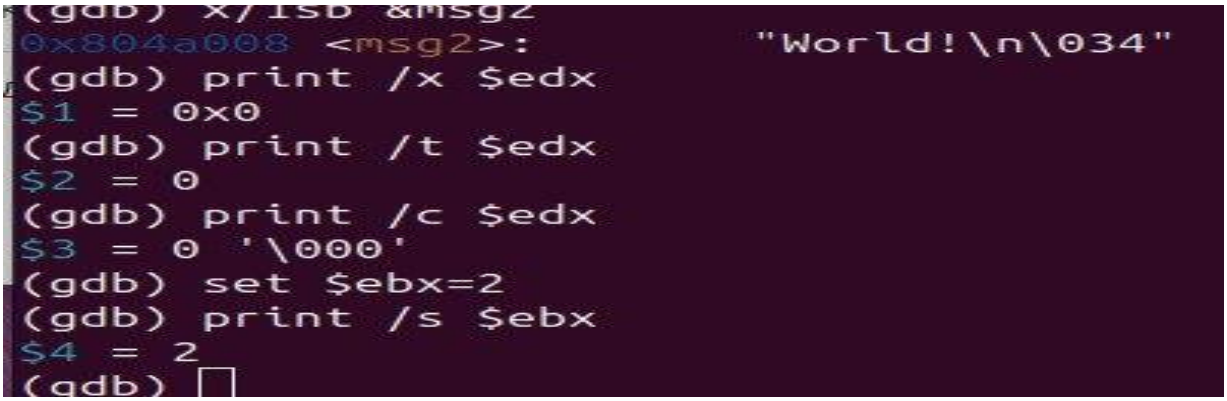
```
(gdb) x/1sb &msg1
0x804a000 <msg1>:       "Hello, "
(gdb) (gdb) x/1sb &msg2
Undefined command: "".  Try "help".
(gdb)  x/1sb &msg2
0x804a008 <msg2>:       "world!\n\034"
(gdb)
```

Работа с регистрами (разные форматы вывода):

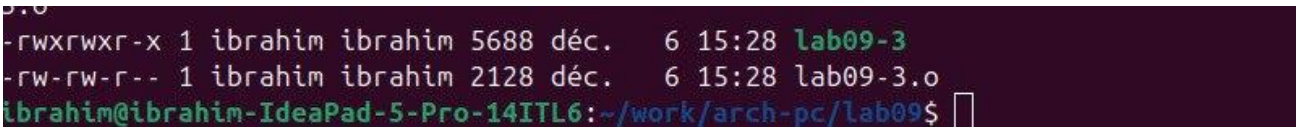
```
0x804a008 <msg2>:       "World!\n\034"
(gdb) print /x $edx
$1 = 0x0
(gdb) print /t $edx
$2 = 0
(gdb) print /c $edx
$3 = 0 '\000'
(gdb) set $ebx=2
(gdb) print /s $ebx
$4 = 2
(gdb)
```

3.3 Аргументы командной строки (lab09-3.asm)

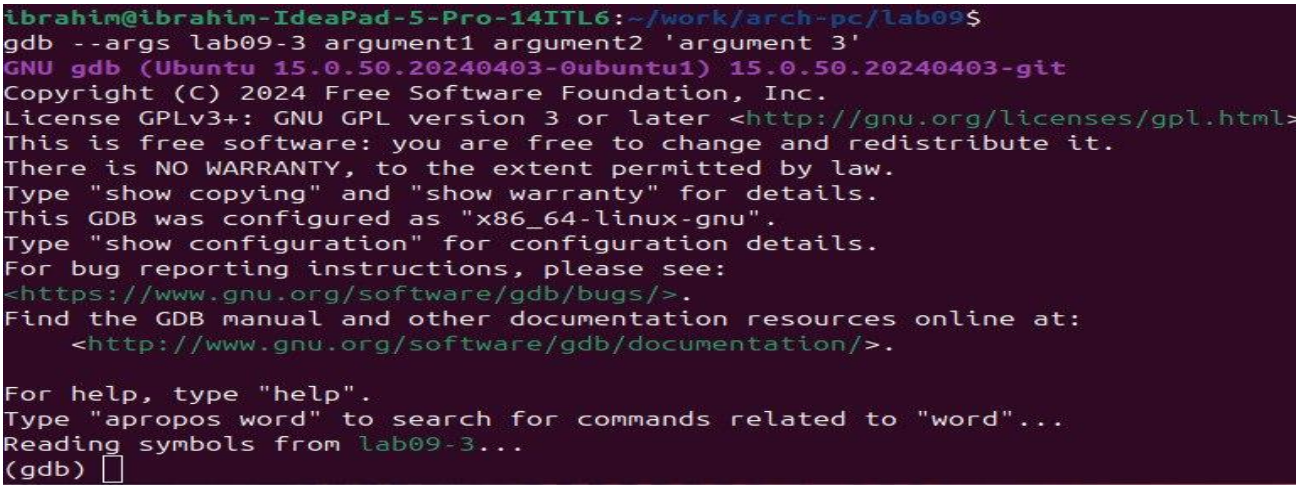
Создание файла lab09-3.asm:



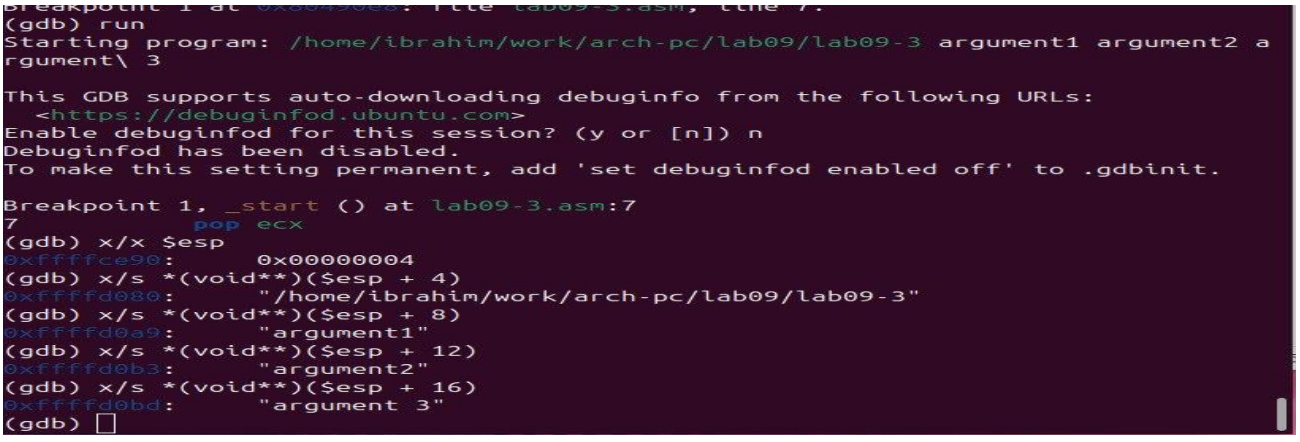
Компиляция программы:



Запуск GDB с аргументами:



Анализ расположения аргументов в стеке:



x/x $esp → 0x00000004 (4 аргумента: программа + 3 аргумента)

x/s *(void**)($esp + 4) → “/home/…/lab09-3” (имя программы)

x/s *(void**)($esp + 8) → “argument1”

x/s *(void**)($esp + 12) → “argument2”

x/s *(void**)($esp + 16) → “argument 3”

4. Самостоятельная работа

4.1 Программа с подпрограммой (lab09-4.asm)

Преобразование программы из лабораторной работы №9 с использованием подпрограммы:

```
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$ cat lab09-4.asm
%include 'in_out.asm'

SECTION .data
msg1 db 'Введите N: ', 0h

SECTION .bss
N resb 10

SECTION .text
global _start
_start:
    ; --- Enter ---
    mov eax, msg1
    call sprint

    mov ecx, N
    mov edx, 10
    call sread

    mov eax, N
    call atoi
    mov [N], eax

    call _print_sequence

    call quit

_print_sequence:
    mov ecx, [N]

.print_loop:
    push ecx
    mov eax, ecx
    call iprintLF
    pop ecx
    loop .print_loop

    ret
```

Тестирование программы (ввод N=5):

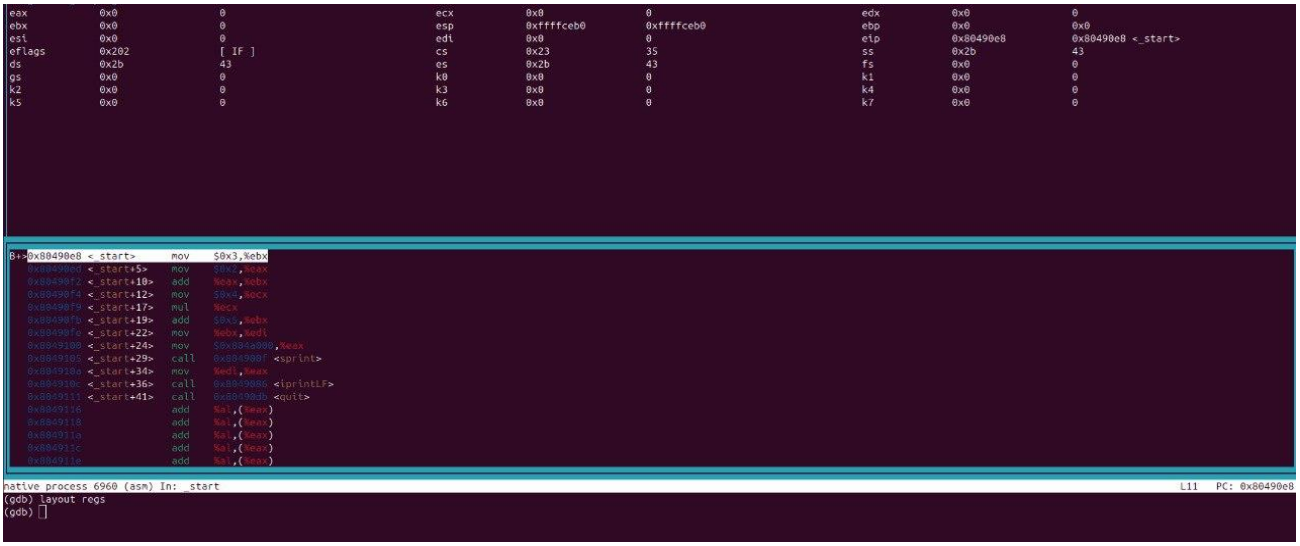
```
Введите N: 5
4
3
2
1
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$
```

4.2 Отладка и исправление программы (lab09-5.asm)

Оригинальная программа с ошибкой (вычисление (3+2)*4+5):

```
mov ebx,3
mov eax,2
add ebx,eax                ; ebx = 5
mov ecx,4
mul ecx                    ; ОШИБКА: eax=2, поэтому 2*4=8
add ebx,5                  ; ebx = 10
```

Отладка в GDB для обнаружения ошибки:



Исправленная программа:

```
mov ebx,3
mov eax,2
add ebx,eax                ; ebx = 5
mov ecx,4 mov eax,ebx      ; ИСПРАВЛЕНИЕ: eax = ebx = 5
mul ecx                    ; eax = 5*4 = 20
add eax,5                  ; eax = 25
```

```
For help, type "help".
Type "apropos word" to search for commands related to "word"...
Reading symbols from lab09-5...
(gdb) break _start
Breakpoint 1 at 0x80490e8: file lab09-5.asm, line 11.
(gdb) run
Starting program: /home/ibrahim/work/arch-pc/lab09/lab09-5

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

Breakpoint 1, _start () at lab09-5.asm:11
11          mov ebx,3
(gdb) layout asm
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$ nano lab09-5.asm
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$
```

Тестирование исправленной программы:

```
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$ nasm -f elf lab09-5.a
sm
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$ ld -m elf_i386 -o lab
09-5 lab09-5.o
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$ ./lab09-5
Результат: 25
ibrahim@ibrahim-IdeaPad-5-Pro-14ITL6:~/work/arch-pc/lab09$
```

Результат: 25 (правильно: (3+2)*4+5 = 5*4+5 = 20+5 = 25)

5. Выводы

В ходе лабораторной работы были успешно выполнены все поставленные задачи:

Освоены подпрограммы в **NASM:** созданы и использованы подпрограммы _calcul и _subcalcul для вычисления сложных выражений.

Приобретены навыки отладки с **GDB**:

Установка точек останова (по имени метки и по адресу)

Пошаговое выполнение **(stepi, nexti)**

Просмотр и изменение регистров и памяти

Дизассемблирование в разных синтаксисах **(AT&T/Intel)**

Исследованы механизмы передачи данных:

Работа со стеком при вызове подпрограмм

Анализ аргументов командной строки в стеке

Найден и исправлен логическая ошибка в программе вычисления арифметического выражения с использованием отладчика **GDB**.

Преобразована программа из предыдущей лабораторной работы для использования подпрограмм.

Цель работы достигнута полностью: приобретены практические навыки написания программ с подпрограммами и использования отладчика **GDB** для поиска и исправления ошибок.

6. Ответы на вопросы для самопроверки

1. Какие языковые средства используются в ассемблере для оформления и активизации подпрограмм?

- Инструкции call (вызов) и ret (возврат), использование стека для сохранения адреса возврата.

2. Объясните механизм вызова подпрограмм.

- call сохраняет адрес следующей инструкции в стеке и передает управление на адрес подпрограммы. ret извлекает адрес возврата из стека.

3. Как используется стек для обеспечения взаимодействия между вызывающей и вызываемой процедурами?

- Стек используется для сохранения адреса возврата, передачи параметров и сохранения значений регистров.

4. Каково назначение операнда в команде ret?

- В NASM ret без операнда просто возвращает управление. С операндом ret N дополнительно очищает N байт из стека.

5. Для чего нужен отладчик?

- Для анализа выполнения программы, поиска ошибок, просмотра состояния регистров и памяти.

6. Объясните назначение отладочной информации и как нужно компилировать программу, чтобы в ней присутствовала отладочная информация.

- Отладочная информация связывает машинный код с исходным текстом. Компиляция с ключом -g.

7. Расшифруйте и объясните следующие термины: breakpoint, watchpoint, checkpoint, catchpoint и call stack.

- Breakpoint: точка останова (остановка на конкретной строке/адресе)
- Watchpoint: точка наблюдения (остановка при изменении переменной)
- Call stack: стек вызовов (история вызовов подпрограмм)

8. Назовите основные команды отладчика gdb и как они могут быть использованы для отладки программ.

- break: установка точки останова
- run: запуск программы
- stepi/nexti: пошаговое выполнение
- info registers: просмотр регистров
- x: просмотр памяти
- print: вывод значений