

# Лабораторная работа № 13

## Средства, применяемые при разработке программного обеспечения в ОС типа UNIX/Linux

Рябцев И.В

НКАбд-03-22

### 1 Цель работы

Приобрести простейшие навыки разработки, анализа, тестирования и отладки приложений в ОС типа UNIX/Linux на примере создания на языке программирования С калькулятора с простейшими функциями.

### 2 Задание

- В домашнем каталоге создайте подкаталог `~/work/os/lab_prog`.
- Создайте в нём файлы: `calculate.h`, `calculate.c`, `main.c`. Это будет примитивнейший калькулятор, способный складывать, вычитать, умножать и делить, возводить число в степень, брать квадратный корень, вычислять `sin`, `cos`, `tan`. При запуске он будет запрашивать первое число, операцию, второе число. После этого программа выведет результат и остановится.
- Выполните компиляцию программы посредством `gcc`.
- При необходимости исправьте синтаксические ошибки.
- Создайте `Makefile`.
- С помощью `gdb` выполните отладку программы `calcul` (перед использованием `gdb` исправьте `Makefile`):
- Запустите отладчик GDB, загрузив в него программу для отладки: `gdb ./calcul`
- Для запуска программы внутри отладчика введите команду `run: run`
- Для постраничного (по 9 строк) просмотра исходного код используйте команду `list: 1 list`
- Для просмотра строк с 12 по 15 основного файла используйте `list` с параметрами: `list 12,15`
- Для просмотра определённых строк не основного файла используйте `list` с параметрами: `list calculate.c:20,29`
- Установите точку останова в файле `calculate.c` на строке номер 21: `list calculate.c:20,27 break 21`
- Выведите информацию об имеющихся в проекте точка останова: `info breakpoints` – Запустите программу внутри отладчика и убедитесь, что программа остановится в момент прохождения точки останова.

- Отладчик выдаст следующую информацию: #0 Calculate (Numeral=5, Operation=0x7fffffff280 "-") at calculate.c:21 #1 0x000000000400b2b in main () at main.c:17 а команда backtrace покажет весь стек вызываемых функций от начала программы до текущего места.
- Посмотрите, чему равно на этом этапе значение переменной Numeral, введя: print Numeral На экран должно быть выведено число 5.
- Сравните с результатом вывода на экран после использования команды: display Numeral
- Уберите точки останова
- С помощью утилиты splint попробуйте проанализировать коды файлов calculate.c и main.c.

### 3 Теоретическое введение

Процесс разработки программного обеспечения обычно разделяется на следующие этапы:

- планирование, включающее сбор и анализ требований к функционалу и другим характеристикам разрабатываемого приложения;
- проектирование, включающее в себя разработку базовых алгоритмов и спецификаций,

определение языка программирования;

- непосредственная разработка приложения;
- кодирование — по сути создание исходного текста программы (возможно в нескольких вариантах);
- анализ разработанного кода;
- сборка, компиляция и разработка исполняемого модуля;
- тестирование и отладка, сохранение произведённых изменений;
- документирование.

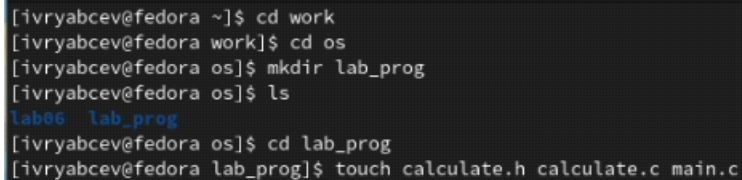
Для создания исходного текста программы разработчик может воспользоваться любым удобным для него редактором текста: vi, vim, mceditor, emacs, geany и др. После завершения написания исходного кода программы (возможно состоящей из нескольких файлов), необходимо её скомпилировать и получить исполняемый модуль.

Стандартным средством для компиляции программ в ОС типа UNIX является GCC (GNU Compiler Collection). Это набор компиляторов для разного рода языков программирования (C, C++, Java, Фортран и др.). Работа с GCC производится при помощи одноимённой управляющей программы gcc, которая интерпретирует

аргументы командной строки, определяет и осуществляет запуск нужного компилятора для входного файла. Файлы с расширением (суффиксом) .c воспринимаются gcc как программы на языке C, файлы с расширением .cc или .C — как файлы на языке C++, а файлы с расширением .o считаются объектными [1]

## 4 Выполнение лабораторной работы

- В домашнем каталоге создайте подкаталог ~/work/os/lab\_prog.
- Создайте в нём файлы: calculate.h, calculate.c, main.c. (рис. 1)



```
[ivryabcev@fedora ~]$ cd work
[ivryabcev@fedora work]$ cd os
[ivryabcev@fedora os]$ mkdir lab_prog
[ivryabcev@fedora os]$ ls
lab06 lab_prog
[ivryabcev@fedora os]$ cd lab_prog
[ivryabcev@fedora lab_prog]$ touch calculate.h calculate.c main.c
```

Рис. 1: Терминал

Это будет примитивнейший калькулятор, способный складывать, вычитать, умножать и делить, возводить число в степень, брать квадратный корень, вычислять sin, cos, tan. При запуске он будет запрашивать первое число, операцию, второе число. После этого программа выведет результат и остановится. (рис. 2-4)

```
printf("Стопое слагаемое: ");
scanf("%f",&SecondNumeral);
return(Numeral + SecondNumeral);
}
else if(strncmp(Operation, "-", 1) == 0)
{
printf("Вычитаемое: ");
scanf("%f",&SecondNumeral);
return(Numeral - SecondNumeral);
}
else if(strncmp(Operation, "*", 1) == 0)
{
printf("Множитель: ");
scanf("%f",&SecondNumeral);
return(Numeral * SecondNumeral);
}
else if(strncmp(Operation, "/", 1) == 0)
{
printf("Делитель: ");
scanf("%f",&SecondNumeral);
if(SecondNumeral == 0)
{
printf("Ошибка: деление на ноль! ");
return(HUGE_VAL);
}
else
return(Numeral / SecondNumeral);
}
else if(strncmp(Operation, "pow", 3) == 0)
```

Рис. 2: Текст программы

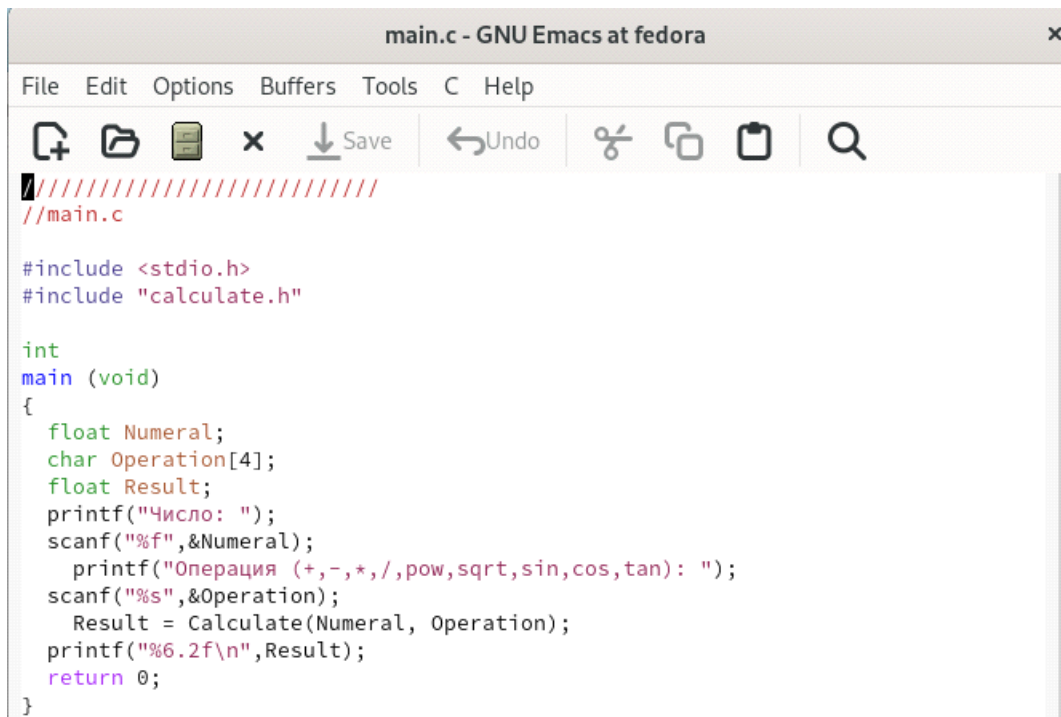
```
//////////
// calculate.h

#ifndef CALCULATE_H_
#define CALCULATE_H_

float Calculate(float Numeral, char Operation[4]);

#endif /*CALCULATE_H_*/
```

Рис. 3: Текст программы



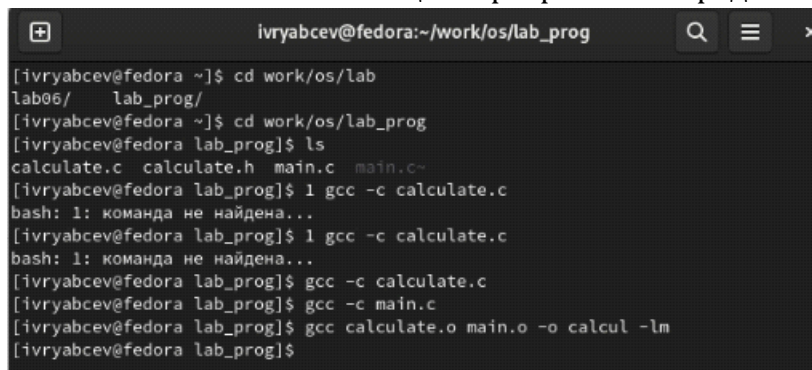
```
main.c - GNU Emacs at fedora
File Edit Options Buffers Tools C Help
[Icons: Open, Save, Undo, Cut, Copy, Paste, Find]
//main.c

#include <stdio.h>
#include "calculate.h"

int
main (void)
{
    float Numeral;
    char Operation[4];
    float Result;
    printf("Число: ");
    scanf("%f",&Numeral);
    printf("Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): ");
    scanf("%s",&Operation);
    Result = Calculate(Numeral, Operation);
    printf("%6.2f\n",Result);
    return 0;
}
```

Рис. 4: Текст программы

- Выполните компиляцию программы посредством gcc. (рис. 5)



```
ivryabcev@fedora:~/work/os/lab_prog
[ivryabcev@fedora ~]$ cd work/os/lab
lab06/ lab_prog/
[ivryabcev@fedora ~]$ cd work/os/lab_prog
[ivryabcev@fedora lab_prog]$ ls
calculate.c calculate.h main.c main.c~
[ivryabcev@fedora lab_prog]$ 1 gcc -c calculate.c
bash: 1: команда не найдена...
[ivryabcev@fedora lab_prog]$ gcc -c calculate.c
bash: 1: команда не найдена...
[ivryabcev@fedora lab_prog]$ gcc -c calculate.c
[ivryabcev@fedora lab_prog]$ gcc -c main.c
[ivryabcev@fedora lab_prog]$ gcc calculate.o main.o -o calcul -lm
[ivryabcev@fedora lab_prog]$
```

Рис. 5: Компиляция программ

- При необходимости исправьте синтаксические ошибки.
- Создайте Makefile. (рис. 6)

```

9 calcul: calculate.o main.o
10 $(CC) calculate.o main.o -o calcul $(LIBS)
11
12 calculate.o: calculate.c calculate.h
13 $(CC) -c calculate.c $(CFLAGS)
14
15 main.o: main.c calculate.h
16 $(CC) -c main.c $(CFLAGS)
17
18 clean:
19 -rm calcul *.o *~
20
21 # End Makefile^M

```

Рис. 6: Текст Makefile

- С помощью gdb выполните отладку программы calcul (перед использованием gdb исправьте Makefile):
- Запустите отладчик GDB, загрузив в него программу для отладки: `gdb ./calcul`
- Для запуска программы внутри отладчика введите команду `run: run` (рис. 7)

```

Using host libthread_db library "/lib64/libthread_db.so.1".
Число: 5
Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): +
Второе слагаемое: 335
340.00
[Inferior 1 (process 4378) exited normally]
(gdb) run
Starting program: /home/ivryabcev/work/os/lab_prog/calcul
[Thread debugging using libthread_db enabled]

```

Рис. 7: GDB

- Для постраничного (по 9 строк) просмотра исходного код используйте команду `list`:
- Для просмотра строк с 12 по 15 основного файла используйте `list` с параметрами: `list 12,15` (рис. 8)

```
Обзор Терминал Вт, 31 мая 12:00 en
dmbelicheva@fedora:~/work/os/lab_prog — gdb ./calcul

Число: 90
Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): -
Вычитаемое: 67
23.00
[Inferior 1 (process 2732) exited normally]
(gdb) list
1  //////////////////////////////////////
2  // main.c
3
4  #include <stdio.h>
5  #include "calculate.h"
6
7  int
8  main (void)
9  {
10     float Numeral;
(gdb) list
11     char Operation[4];
12     float Result;
13     printf("Число: ");
14     scanf("%f",&Numeral);
15     printf("Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): ");
16     scanf("%s",&Operation);
17     Result = Calculate(Numeral, Operation);
18     printf("%.2f\n",Result);
19     return 0;
20 }
(gdb) list 12,15
12     float Result;
13     printf("Число: ");
14     scanf("%f",&Numeral);
15     printf("Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): ");
(gdb)
```

Рис. 8: GDB

- Для просмотра определённых строк не основного файла используйте list с параметрами: list calculate.c:20,29 (рис. 9)

```
[ivryabcev@fedora ~]$ cd work
[ivryabcev@fedora work]$ cd os
[ivryabcev@fedora os]$ mkdir lab_prog
[ivryabcev@fedora os]$ ls
lab06 lab_prog
[ivryabcev@fedora os]$ cd lab_prog
[ivryabcev@fedora lab_prog]$ touch calculate.h calculate.c main.c
```

Рис. 9: GDB

- Установите точку останова в файле calculate.c на строке номер 21: list calculate.c:20,27 break 21
- Выведите информацию об имеющихся в проекте точка останова: info breakpoints – Запустите программу внутри отладчика и убедитесь, что программа остановится в момент прохождения точки останова.
- Отладчик выдаст следующую информацию: #0 Calculate (Numeral=5, Operation=0x7ffffffd280 "-") at calculate.c:21 #1 0x0000000000400b2b in main () at main.c:17 а команда backtrace покажет весь стек вызываемых функций от начала программы до текущего места. (рис. 10)

```
Обзор Терминал Вт, 31 мая 12:05 en
dmbelicheva@fedora:~/work/os/lab_prog — gdb ./calcul

(gdb) list calculate.c:20,27
20
21     printf("Вычитаемое: ");
22     scanf("%f",&SecondNumeral);
23     return(Numeral - SecondNumeral);
24 }
25 else if(strncmp(Operation, "+", 1) == 0)
26 {
27     printf("Множитель: ");
(gdb) break 21
Breakpoint 1 at 0x40120f: file calculate.c, line 21.
(gdb) info breakpoints
Num Type Disp Enb Address What
1 breakpoint keep y 0x000000000040120f in Calculate at calculate.c:21
(gdb) run
Starting program: /home/dmbelicheva/work/os/lab_prog/calcul
[Thread debugging using libthread_db enabled]
Using host libthread_db library "/lib64/libthread_db.so.1".
Число: 4
Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): +
Второе слагаемое: 7
11.00
[Inferior 1 (process 3003) exited normally]
(gdb) run
Starting program: /home/dmbelicheva/work/os/lab_prog/calcul
[Thread debugging using libthread_db enabled]
Using host libthread_db library "/lib64/libthread_db.so.1".
Число: 5
Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): -
Breakpoint 1, Calculate (Numeral=5, Operation=0x7fffffffdea4 "-") at calculate.c:21
21     printf("Вычитаемое: ");
(gdb)
```

Рис. 10: GDB

- Посмотрите, чему равно на этом этапе значение переменной Numeral, введя: `print Numeral` На экран должно быть выведено число 5.
- Сравните с результатом вывода на экран после использования команды: `display Numeral`
- Уберите точки останова (рис. 11)



```
Обзор Терминал Вт, 31 мая 12:12 dmbelicheva@fedora:~/work/os/lab_prog — gdb ./calcul
Num Type Disp Enb Address What
1 breakpoint keep y 0x00000000040120f in Calculate at calculate.c:21
(gdb) run
Starting program: /home/dmbelicheva/work/os/lab_prog/calcul
[Thread debugging using libthread_db enabled]
Using host libthread_db library "/lib64/libthread_db.so.1".
Число: 4
Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): +
Второе слагаемое: 7
11.00
[Inferior 1 (process 3003) exited normally]
(gdb) run
Starting program: /home/dmbelicheva/work/os/lab_prog/calcul
[Thread debugging using libthread_db enabled]
Using host libthread_db library "/lib64/libthread_db.so.1".
Число: 5
Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): -
Breakpoint 1, Calculate (Numeral=5, Operation=0x7fffffffdea4 "-") at calculate.c:21
21 printf("Вычитаемое: ");
(gdb) backtrace
#0 Calculate (Numeral=5, Operation=0x7fffffffdea4 "-") at calculate.c:21
#1 0x0000000004014eb in main () at main.c:17
(gdb) print Numeral
$1 = 5
(gdb) display Numeral
1: Numeral = 5
(gdb) info breakpoints
Num Type Disp Enb Address What
1 breakpoint keep y 0x00000000040120f in Calculate at calculate.c:21
breakpoint already hit 1 time
(gdb) delete 1
(gdb)
```

Рис. 11: GDB

- С помощью утилиты splint попробуйте проанализировать коды файлов calculate.c и main.c. (рис. 12, 13)

```
(gdb) run
Starting program: /home/ivryabcev/work/os/lab_prog/calcul
[Thread debugging using libthread_db enabled]
Using host libthread_db library "/lib64/libthread_db.so.1".
Число: list
Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): Неправильно введено действие inf
[Inferior 1 (process 4361) exited normally]
Missing separate debuginfos, use: dnf debuginfo-install glibc-2.36-9.fc37.x86_64
(gdb) run
Starting program: /home/ivryabcev/work/os/lab_prog/calcul
```

Рис. 12: Splint

```
Обзор Терминал Вт, 31 мая 12:15 en dmbelicheva@fedora:~/work/os/lab_prog
calculate.c:50:7: Return value type double does not match declared type float:
    (sqrt(Numeral))
calculate.c:52:7: Return value type double does not match declared type float:
    (sin(Numeral))
calculate.c:54:7: Return value type double does not match declared type float:
    (cos(Numeral))
calculate.c:56:7: Return value type double does not match declared type float:
    (tan(Numeral))
calculate.c:60:7: Return value type double does not match declared type float:
    (HUGE_VAL)

Finished checking --- 15 code warnings
[dmbelicheva@fedora lab_prog]$ splint main.c
Splint 3.1.2 --- 23 Jul 2021

calculate.h:7:37: Function parameter Operation declared as manifest array (size
    constant is meaningless)
    A formal parameter is declared as an array with size. The size of the array
    is ignored in this context, since the array formal parameter is treated as a
    pointer. (Use -fixedformalarray to inhibit warning)
main.c: (in function main)
main.c:14:1: Return value (type int) ignored: scanf("%f", &Num...
    Result returned by function call is not used. If this is intended, can cast
    result to (void) to eliminate message. (Use -retvalint to inhibit warning)
main.c:16:12: Format argument 1 to scanf (%s) expects char * gets char [4] *:
    &Operation
    Type of parameter is not consistent with corresponding code in format string.
    (Use -formattype to inhibit warning)
    main.c:16:9: Corresponding format code
main.c:16:1: Return value (type int) ignored: scanf("%s", &Op...

Finished checking --- 4 code warnings
[dmbelicheva@fedora lab_prog]$
```

Рис. 13: Splint

## 5 Выводы

В процессе выполнения лабораторной работы я приобрел простейшие навыки разработки, анализа, тестирования и отладки приложений в ОС типа UNIX/Linux на примере создания на языке программирования С калькулятора с простейшими функциями.

## 6 Контрольные вопросы

- Как получить информацию о возможностях программ gcc, make, gdb и др.?  
Дополнительную информацию о этих программах можно получить с помощью функций info и man.
- Назовите и дайте краткую характеристику основным этапам разработки приложений в UNIX. Unix поддерживает следующие основные этапы разработки приложений:
- создание исходного кода программы;
- представляется в виде файла;
- сохранение различных вариантов исходного текста;

- анализ исходного текста; Необходимо отслеживать изменения исходного кода, а также при работе более двух программистов над проектом программы нужно, чтобы они не делали изменений кода в одно время.
- компиляция исходного текста и построение исполняемого модуля;
- тестирование и отладка;
- проверка кода на наличие ошибок
- сохранение всех изменений, выполняемых при тестировании и отладке.
- Что такое суффикс в контексте языка программирования? Приведите примеры использования. Использование суффикса ".c" для имени файла с программой на языке Си отражает удобное и полезное соглашение, принятое в ОС UNIX. Для любого имени входного файла суффикс определяет какая компиляция требуется. Суффиксы и префиксы указывают тип объекта. Одно из полезных свойств компилятора Си — его способность по суффиксам определять типы файлов. По суффиксу .c компилятор распознает, что файл abcd.c должен компилироваться, а по суффиксу .o, что файл abcd.o является объектным модулем и для получения исполняемой программы необходимо выполнить редактирование связей. Простейший пример командной строки для компиляции программы abcd.c и построения исполняемого модуля abcd имеет вид: gcc -o abcd abcd.c. Некоторые проекты предпочитают показывать префиксы в начале текста изменений для старых (old) и новых (new) файлов. Опция - prefix может быть использована для установки такого префикса. Плюс к этому команда bzd diff -p1 выводит префиксы в форме которая подходит для команды patch -p1.
- Каково основное назначение компилятора языка C в UNIX? Основное назначение компилятора с языка Си заключается в компиляции всей программы в целом и получении исполняемого модуля.
- Для чего предназначена утилита make? При разработке большой программы, состоящей из нескольких исходных файлов заголовков, приходится постоянно следить за файлами, которые требуют перекомпиляции после внесения изменений. Программа make освобождает пользователя от такой рутинной работы и служит для документирования взаимосвязей между файлами. Описание взаимосвязей и соответствующих действий хранится в так называемом make-файле, который по умолчанию имеет имя makefile или Makefile.
- Приведите пример структуры Makefile. Дайте характеристику основным элементам этого файла. makefile для программы abcd.c мог бы иметь вид:

Makefile

CC = gcc

```

CFLAGS =
LIBS = -lm

calcul: calculate.o main.o

gcc calculate.o main.o -o calcul $(LIBS)

calculate.o: calculate.c calculate.h

gcc -c calculate.c $(CFLAGS)

main.o: main.c calculate.h

gcc -c main.c $(CFLAGS)

clean: -rm calcul .o ~

End Makefile

```

В общем случае make-файл содержит последовательность записей (строк), определяющих зависимости между файлами. Первая строка записи представляет собой список целевых (зависимых) файлов, разделенных пробелами, за которыми следует двоеточие и список файлов, от которых зависят целевые. Текст, следующий за точкой с запятой, и все последующие строки, начинающиеся с литеры табуляции, являются командами ОС UNIX, которые необходимо выполнить для обновления целевого файла. Таким образом, спецификация взаимосвязей имеет формат: target1 [ target2...]: [:] [dependment1...] [(tab)commands] [#commentary] [(tab)commands] [#commentary], где # — специфицирует начало комментария, так как содержимое строки, начиная с # и до конца строки, не будет обрабатываться командой make; : — последовательность команд ОС UNIX должна содержаться в одной строке make-файла (файла описаний), есть возможность переноса команд (), но она считается как одна строка; :: — последовательность команд ОС UNIX может содержаться в нескольких последовательных строках файла описаний. Приведённый выше make-файл для программы abcd.c включает два способа компиляции и построения исполняемого модуля. Первый способ предусматривает обычную компиляцию с построением исполняемого модуля с именем abcd. Вторым способом позволяет включать в исполняемый модуль testabcd возможность выполнить процесс отладки на уровне исходного текста.

- Назовите основное свойство, присущее всем программам отладки. Что необходимо сделать, чтобы его можно было использовать? Пошаговая отладка программ заключается в том, что выполняется один оператор программы и, затем контролируются те переменные, на которые должен был воздействовать данный оператор. Если в программе имеются уже отлаженные подпрограммы, то подпрограмму можно рассматривать, как один оператор программы и воспользоваться вторым способом отладки программ. Если в программе существует достаточно большой участок программы, уже отлаженный ранее, то его можно выполнить, не контролируя переменные, на которые он воздействует. Использование точек останова позволяет

пропускать уже отлаженную часть программы. Точка останова устанавливается в местах, где необходимо проверить содержимое переменных или просто проконтролировать, передаётся ли управление данному оператору. Практически во всех отладчиках поддерживается это свойство (а также выполнение программы до курсора и выход из подпрограммы). Затем отладка программы продолжается в пошаговом режиме с контролем локальных и глобальных переменных, а также внутренних регистров микроконтроллера и напряжений на выводах этой микросхемы.

- Назовите и дайте основную характеристику основным командам отладчика gdb.
- `backtrace` – выводит весь путь к текущей точке останова, то есть названия всех функций, начиная от `main()`; иными словами, выводит весь стек функций;
- `break` – устанавливает точку останова; параметром может быть номер строки или название функции;
- `clear` – удаляет все точки останова на текущем уровне стека (то есть в текущей функции);
- `continue` – продолжает выполнение программы от текущей точки до конца;
- `delete` – удаляет точку останова или контрольное выражение;
- `display` – добавляет выражение в список выражений, значения которых отображаются каждый раз при остановке программы;
- `finish` – выполняет программу до выхода из текущей функции; отображает возвращаемое значение, если такое имеется;
- `info breakpoints` – выводит список всех имеющихся точек останова;
- `info watchpoints` – выводит список всех имеющихся контрольных выражений;
- `splist` – выводит исходный код; в качестве параметра передаются название файла исходного кода, затем, через двоеточие, номер начальной и конечной строки;
- `next` – пошаговое выполнение программы, но, в отличие от команды `step`, не выполняет пошагово вызываемые функции;
- `print` – выводит значение какого-либо выражения (выражение передаётся в качестве параметра);
- `run` – запускает программу на выполнение;
- `set` – устанавливает новое значение переменной

- step – пошаговое выполнение программы;
- watch – устанавливает контрольное выражение, программа остановится, как только значение контрольного выражения изменится;
- Опишите по шагам схему отладки программы, которую Вы использовали при выполнении лабораторной работы. Выполнили компиляцию программы  
2) Увидели ошибки в программе Открыли редактор и исправили программу  
Загрузили программу в отладчик gdb run — отладчик выполнил программу, мы ввели требуемые значения. программа завершена, gdb не видит ошибок.
- Прокомментируйте реакцию компилятора на синтаксические ошибки в программе при его первом запуске. Отладчику не понравился формат %s для &Operation, т.к %s — символьный формат, а значит необходим только Operation.
- Назовите основные средства, повышающие понимание исходного кода программы. Если вы работаете с исходным кодом, который не вами разрабатывался, то назначение различных конструкций может быть не совсем понятным. Система разработки приложений UNIX предоставляет различные средства, повышающие понимание исходного кода. К ним относятся:
- cscope - исследование функций, содержащихся в программе;
- splint — критическая проверка программ, написанных на языке Си.
- Каковы основные задачи, решаемые программой splint?
- Проверка корректности задания аргументов всех исполняемых функций , а также типов возвращаемых ими значений;
- Поиск фрагментов исходного текста, корректных с точки зрения синтаксиса языка Си, но малоэффективных с точки зрения их реализации или содержащих в себе семантические ошибки;
- Общая оценка мобильности пользовательской программы.

## Список литературы

1. Лабораторная работа № 13. Средства, применяемые при разработке программного обеспечения в ОС типа UNIX Linux [Электронный ресурс]. URL: <https://esystem.rudn.ru/>.