

# Лабораторная работа №13

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

Кузнецова София Вадимовна

# Содержание

Цель работы	5
Задание	6
Выполнение лабораторной работы	8
Контрольные вопросы	14
Выводы	19

# Список иллюстраций

0.1	Создание нового подкаталога и файлов в нём . . . . .	8
0.2	Перенос скрипта для calculate.c . . . . .	9
0.3	Перенос скрипта для calculate.h . . . . .	10
0.4	Перенос скрипта для main.c . . . . .	10
0.5	Компиляция программы . . . . .	11
0.6	Создание и изменение Makefile . . . . .	11
0.7	Отладка программы calcul . . . . .	12
0.8	Анализ файла calculate.c . . . . .	13
0.9	Анализ файла main.c . . . . .	13

## Список таблиц

## 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.

# Задание

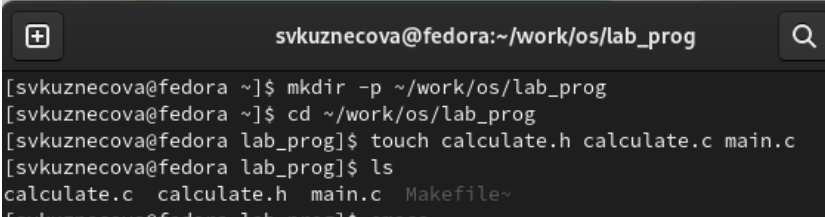
1. В домашнем каталоге создайте подкаталог `~/work/os/lab_prog`.
2. Создайте в нём файлы: `calculate.h`, `calculate.c`, `main.c`. Это будет примитивнейший калькулятор, способный складывать, вычитать, умножать и делить, возводить число в степень, брать квадратный корень, вычислять `sin`, `cos`, `tan`. При запуске он будет запрашивать первое число, операцию, второе число. После этого программа выведет результат и остановится. Реализация функций калькулятора в файле `calculate.h`. Интерфейсный файл `calculate.h`, описывающий формат вызова функции-калькулятора. Основной файл `main.c`, реализующий интерфейс пользователя к калькулятору.
3. Выполните компиляцию программы посредством `gcc`.
4. При необходимости исправьте синтаксические ошибки.
5. Создайте `Makefile` со следующим содержанием. Поясните в отчёте его содержание.
6. С помощью `gdb` выполните отладку программы `calcul` (перед использованием `gdb` исправьте `Makefile`):
  - Запустите отладчик GDB, загрузив в него программу для отладки.
  - Для запуска программы внутри отладчика введите команду `run`.
  - Для постраничного (по 9 строк) просмотра исходного кода используйте команду `list`.
  - Для просмотра строк с 12 по 15 основного файла используйте `list` с параметрами.
  - Для просмотра определённых строк не основного файла используйте `list` с

параметрами.

- Установите точку останова в файле `calculate.c` на строке номер 21.
  - Выведите информацию об имеющихся в проекте точке останова.
  - Запустите программу внутри отладчика и убедитесь, что программа остановится в момент прохождения точки останова.
  - Отладчик выдаст следующую информацию. а команда `backtrace` покажет весь стек вызываемых функций от начала программы до текущего места.
  - Посмотрите, чему равно на этом этапе значение переменной `Numeral`, введя. На экран должно быть выведено число 5.
  - Сравните с результатом вывода на экран после использования команды.
  - Уберите точки останова.
7. С помощью утилиты `splint` попробуйте проанализировать коды файлов `calculate.c` и `main.c`.

# Выполнение лабораторной работы

В домашнем каталоге создадим подкаталог `~/work/os/lab_prog`. После чего создадим в нём файлы: `calculate.h`, `calculate.c`, `main.c` и выполним проверку. Перейдём в `emacs`.

A terminal window with a dark background. The title bar shows the user 'svkuznecova@fedora' and the current directory '~/work/os/lab\_prog'. The terminal contains the following commands and output:

```
[svkuznecova@fedora ~]$ mkdir -p ~/work/os/lab_prog
[svkuznecova@fedora ~]$ cd ~/work/os/lab_prog
[svkuznecova@fedora lab_prog]$ touch calculate.h calculate.c main.c
[svkuznecova@fedora lab_prog]$ ls
calculate.c calculate.h main.c Makefile~
[svkuznecova@fedora lab_prog]$ emacs
```

Рис. 0.1: Создание нового подкаталога и файлов в нём

В `emacs` откроем созданный файл `calculate.c` и приступим к переносу в него скрипта из файла.





```
calculate.c - GNU Emacs at fedora
File Edit Options Buffers Tools C Help

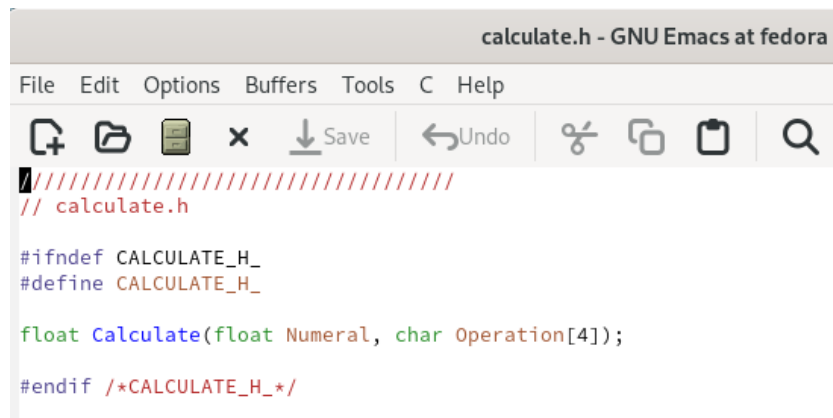
////////////////////////////////////
// calculate.c

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

float
Calculate(float Numeral, char Operation[4])
{
    float SecondNumeral;
    if(strncmp(Operation, "+", 1) == 0)
    {
        printf("Второе 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)
    {
        printf("Степень: ");
```

Рис. 0.2: Перенос скрипта для calculate.c

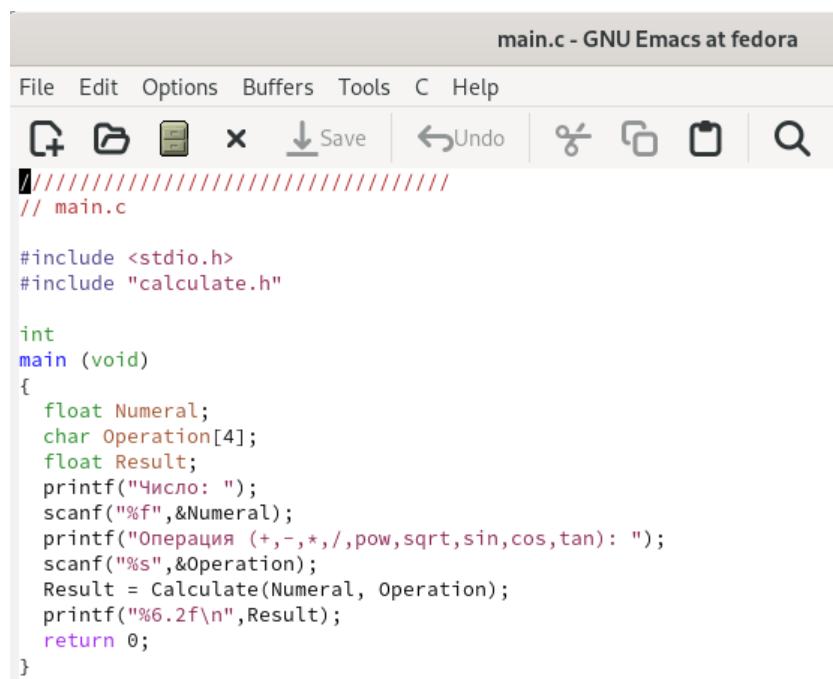
После того как мы перенесли и сохранили скрипт для первого файла, открываем файл calculate.h и также приступим в него скрипта, но уже для второго файла. Выполняем сохранение.

A screenshot of the GNU Emacs editor window titled "calculate.h - GNU Emacs at fedora". The menu bar includes File, Edit, Options, Buffers, Tools, C, and Help. The toolbar contains icons for opening, saving, undo, redo, and search. The code content is as follows:

```
////////////////////////////////////  
// calculate.h  
  
#ifndef CALCULATE_H_  
#define CALCULATE_H_  
  
float Calculate(float Numeral, char Operation[4]);  
  
#endif /*CALCULATE_H_*/
```

Рис. 0.3: Перенос скрипта для calculate.h

Теперь нам нужно перенести последний третий скрипт в файл main.c. После чего также выполняем сохранение и закрываем emacs.

A screenshot of the GNU Emacs editor window titled "main.c - GNU Emacs at fedora". The menu bar and toolbar are the same as in the previous image. The code content is as follows:

```
////////////////////////////////////  
// 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;  
}
```

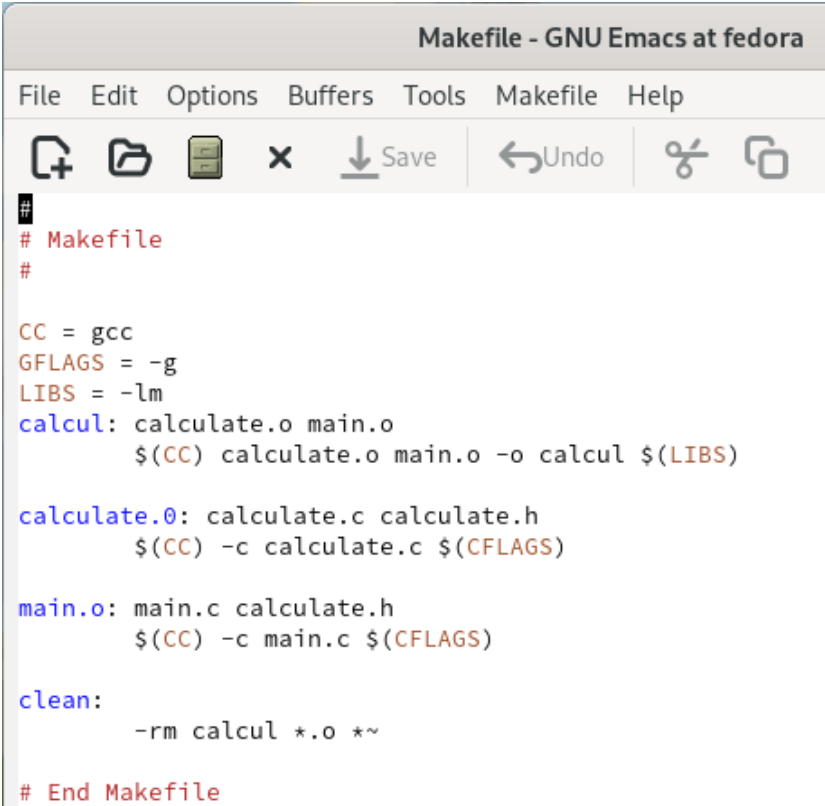
Рис. 0.4: Перенос скрипта для main.c

В терминале выполняем компиляцию программ посредством gcc.

```
[svkuznecova@fedora lab_prog]$ gcc -c calculate.c
[svkuznecova@fedora lab_prog]$ gcc -c main.c
[svkuznecova@fedora lab_prog]$ gcc calculate.o main.o calcul -lm
/usr/bin/ld: невозможно найти calcul: Нет такого файла или каталога
collect2: ошибка: выполнение ld завершилось с кодом возврата 1
[svkuznecova@fedora lab_prog]$ gcc calculate.o main.o -o calcul -lm
[svkuznecova@fedora lab_prog]$ ls
calcul calculate.c calculate.h calculate.o main.c main.o Makefile~
[svkuznecova@fedora lab_prog]$
```

Рис. 0.5: Компиляция программы

Создадим Makefile и внесём туда небольшие изменения. В переменную CFLAGS добавил опцию -g, необходимую для компиляции объектных файлов и их использования в программе отладчика GDB. Сделал так, что утилита компиляции выбирается с помощью переменной CC.



```
# Makefile
#
CC = gcc
GFLAGS = -g
LIBS = -lm
calcul: calculate.o main.o
    $(CC) calculate.o main.o -o calcul $(LIBS)

calculate.o: calculate.c calculate.h
    $(CC) -c calculate.c $(CFLAGS)

main.o: main.c calculate.h
    $(CC) -c main.c $(CFLAGS)

clean:
    -rm calcul *.o *~

# End Makefile
```

Рис. 0.6: Создание и изменение Makefile

С помощью gdb выполняем отладку программы calcul. После чего запустим программу командой run.

```

[ismahorin@fedora lab_prog]$ make clean
rm calcul *.o *~
[ismahorin@fedora lab_prog]$ make calculate.o
gcc -c -o calculate.o calculate.c
[ismahorin@fedora lab_prog]$ make main.o
gcc -c main.c
[ismahorin@fedora lab_prog]$ make calcul
gcc calculate.o main.o -o calcul -lm
[ismahorin@fedora lab_prog]$ gdb ./calcul
GNU gdb (GDB) Fedora 12.1-1.fc35
Copyright (C) 2022 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 ./calcul...

This GDB supports auto-downloading debuginfo from the following URLs:
https://debuginfod.fedoraproject.org/
Enable debuginfod for this session? (y or [n]) y
Debuginfod has been enabled.
To make this setting permanent, add 'set debuginfod enabled on' to .gdbinit.
(No debugging symbols found in ./calcul)
(gdb) run
Starting program: /home/ismahorin/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): *
Множитель: 6
30.00
[Inferior 1 (process 60371) exited normally]
(gdb)

```

Рис. 0.7: Отладка программы calcul

Воспользовавшись утилитой splint проанализируем коды файлов calculate.c и main.c. С помощью утилиты splint выяснилось, что в файлах calculate.c и main.c присутствует функция чтения scanf, возвращающая целое число (тип int), но эти числа не используются и нигде не сохраняются. Утилита вывела предупреждение о том, что в файле calculate.c происходит сравнение вещественного числа с нулем. Также возвращаемые значения (тип double) в функциях pow, sqrt, sin, cos и tan записываются в переменную типа float, что свидетельствует о потере данных.

```

[ismahorin@fedora lab_prog]$ splint calculate.c
Splint 3.1.2 --- 23 Jul 2021

calculate.h: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)
calculate.c:10:31: Function parameter Operation declared as manifest array
      (size constant is meaningless)
calculate.c: (in function Calculate)
calculate.c:16:7: Return value (type int) ignored: scanf("%f", &Sec...
      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)
calculate.c:22:7: Return value (type int) ignored: scanf("%f", &Sec...
calculate.c:28:7: Return value (type int) ignored: scanf("%f", &Sec...
calculate.c:34:7: Return value (type int) ignored: scanf("%f", &Sec...
calculate.c:35:10: Dangerous equality comparison involving float types:
      SecondNumeral == 0
  Two real (float, double, or long double) values are compared directly using
  == or != primitive. This may produce unexpected results since floating point
  representations are inexact. Instead, compare the difference to FLT_EPSILON
  or DBL_EPSILON. (Use -realcompare to inhibit warning)
calculate.c:38:10: Return value type double does not match declared type float:
      (HUGE_VAL)
  To allow all numeric types to match, use +relaxtypes.
calculate.c:46:7: Return value (type int) ignored: scanf("%f", &Sec...
calculate.c:47:13: Return value type double does not match declared type float:
      (pow(Numeral, SecondNumeral))
calculate.c:50:11: Return value type double does not match declared type float:
      (sqrt(Numeral))
calculate.c:52:11: Return value type double does not match declared type float:
      (sin(Numeral))
calculate.c:54:11: Return value type double does not match declared type float:
      (cos(Numeral))
calculate.c:56:11: Return value type double does not match declared type float:
      (tan(Numeral))
calculate.c:60:13: Return value type double does not match declared type float:
      (HUGE_VAL)

Finished checking --- 15 code warnings
[ismahorin@fedora lab_prog]$

```

Рис. 0.8: Анализ файла calculate.c

```

[ismahorin@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:14:3: 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:16:14: 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:16:11: Corresponding format code
main.c:16:3: Return value (type int) ignored: scanf("%s", &Op...

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

```

Рис. 0.9: Анализ файла main.c

# Контрольные вопросы

1. Как получить информацию о возможностях программ gcc, make, gdb и др.?

Чтобы получить информацию о возможностях программ gcc, make, gdb и др. нужно воспользоваться командой тапили опцией `-help(-h)` для каждой команды.

2. Назовите и дайте краткую характеристику основным этапам разработки приложений в UNIX.

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: окодирование по сути создание исходного текста программы (возможно в нескольких вариантах); анализ разработанного кода; осборка, компиляция и разработка исполняемого модуля; отестирование 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.

3. Что такое суффикс в контексте языка программирования? Приведите примеры использования.

Для имени входного файла суффикс определяет какая компиляция требуется. Суффиксы указывают на тип объекта. Файлы с расширением (суффиксом) `.c` воспринимаются как программы на языке C, файлы с расширением `.cpp` как файлы на языке C++, а файлы с расширением `.o` считаются объектными. Например, в команде `gcc main.c` по расширению (суффиксу) `.c` распознает тип файла для компиляции и формирует объектный модуль файл с расширением `.o`. Если требуется получить исполняемый файл с определённым именем (например, `hello`), то требуется воспользоваться опцией `-o` в качестве параметра задать имя создаваемого файла: `gcc -o hello main.c`. В ходе выполнения данной лабораторной работы я приобрела простейшие навыки разработки, анализа, тестирования и отладки приложений в ОС типа UNIX/Linux на примере создания на языке программирования C калькулятора с простейшими функциями `main.c`.

4. Каково основное назначение компилятора языка C в UNIX?

Основное назначение компилятора языка Си в UNIX заключается в компиляции всей программы и получении исполняемого файла/модуля.

5. Для чего предназначена утилита make?

Для сборки разрабатываемого приложения и собственно компиляции полезно воспользоваться утилитой `make`. Она позволяет автоматизировать процесс преобразования файлов программы из одной формы в другую, отслеживает взаимосвязи между файлами.

6. Приведите пример структуры Makefile. Дайте характеристику основным элементам этого файла.

Для работы с утилитой `make` необходимо в корне рабочего каталога с Вашим проектом создать файл с названием `makefile` или `Makefile`, в котором будут описаны

правила обработки файлов Вашего программного комплекса. В самом простом случае Makefile имеет следующий синтаксис: ... : ... <команда 1>... Сначала задаётся список целей, разделённых пробелами, за которым идёт двоеточие и список зависимостей. Затем в следующих строках указываются команды. Строки с командами обязательно должны начинаться с табуляции. В качестве цели в Makefile может выступать имя файла или название какого-то действия. Зависимость задаёт исходные параметры (условия) для достижения указанной цели. Зависимость также может быть названием какого-то действия. Команды собственно действия, которые необходимо выполнить для достижения цели. Общий синтаксис Makefile имеет вид: target1 [target2...]:[[dependment1...]][(tab)commands] [#commentary] [(tab)commands] [#commentary]. Здесь знак # определяет начало комментария (содержимое от знака # и до конца строки не будет обрабатываться. Одинарное двоеточие указывает на то, что последовательность команд должна содержаться в одной строке. Для переноса можно в длинной строке команд можно использовать обратный слэш (). Двойное двоеточие указывает на то, что последовательность команд может содержаться в нескольких последовательных строках. Пример более сложного синтаксиса Makefile: ## Makefile for abcd.c # CC = gcc CFLAGS = # Compile abcd.c normally abcd: abcd.c \$(CC) -o abcd \$(CFLAGS) abcd.c clean: -rm abcd .o ~ # End Makefile for abcd.c. В этом примере в начале файла заданы три переменные: CC и CFLAGS. Затем указаны цели, их зависимости и соответствующие команды. В командах происходит обращение к значениям переменных. Цель с именем clean производит очистку каталога от файлов, полученных в результате компиляции. Для её описания использованы регулярные выражения.

7. Назовите основное свойство, присущее всем программам отладки. Что необходимо сделать, чтобы его можно было использовать?

Во время работы над кодом программы программист неизбежно сталкивается с появлением ошибок в ней. Использование отладчика для поиска и устранения ошибок в программе существенно облегчает жизнь программиста. В комплект программ GNU для ОС типа UNIX входит отладчик GDB (GNU Debugger). Для использования



GDB необходимо скомпилировать анализируемый код программы таким образом, чтобы отладочная информация содержалась в результирующем бинарном файле. Для этого следует воспользоваться опцией -gкомпилятора gcc: gcc-cfile.c-g. После этого для начала работы с gdbнеобходимо в командной строке ввести одноимённую команду, указав в качестве аргумента анализируемый бинарный файл: gdbfile.o

8. Назовите и дайте основную характеристику основным командам отладчика gdb.

Основные команды отладчика gdb: 1. backtrace вывод на экран пути к текущей точке останова (по сутивывод названий всех функций); 2. break установить точку останова (в качестве параметра можетбыть указан номер строки или название функции); 3. clear удалить все точки останова в функции; 4. continue продолжить выполнение программы; 5. delete удалить точку останова; 6. display добавить выражение в список выражений, значения которых отображаются при достижении точки останова программы; 7. finish выполнить программу до момента выхода из функции; 8. info breakpoints вывести на экран список используемых точек останова; 9. info watchpoints вывести на экран список используемых контрольных выражений; 10. list вывести на экран исходный код (вВ ходе выполнения данной лабораторной работы я приобрелапростейшие навыки разработки, анализа, тестирования и отладки приложений в ОС типа UNIX/Linuxна примере создания на языке программирования C калькулятора с простейшими функциями. качестве параметра может быть указано название файла и через двоеточие номера начальнойи конечной строк); 11. next выполнить программу пошагово, но без выполнения вызываемых в программе функций; 12. print вывести значение указываемого в качестве параметра выражения; 13. run запуск программы на выполнение; 14. set установить новое значение переменной; 15. step пошаговое выполнение программы; 16. watch установить контрольное выражение, при изменении значения которого программа будет остановлена. Для выхода из gdbможно воспользоваться командой quit (или её сокращённым вариантом q) или комбинацией клавиш Ctrl d. Более подробную информацию по работе с gdb можно получить с помощью команд gdb h и mangdb.

9. Опишите по шагам схему отладки программы, которую Вы использовали при выполнении лабораторной работы.

Схема отладки программы показана в 6 пункте лабораторной работы.

10. Прокомментируйте реакцию компилятора на синтаксические ошибки в программе при его первом запуске.

При первом запуске компилятор не выдал никаких ошибок, но в коде программы `main.c` допущена ошибка, которую компилятор мог пропустить (возможно, из-за версии 8.3.0-19): в строке `scanf("%s", &Operation);` нужно убрать знак `&`, потому что имя массива символов уже является указателем на первый элемент этого массива.

11. Назовите основные средства, повышающие понимание исходного кода программы.

Система разработки приложений UNIX предоставляет различные средства, повышающие понимание исходного кода. К ним относятся: `cscope` исследование функций, содержащихся в программе, `lint` критическая проверка программ, написанных на языке Си.

12. Каковы основные задачи, решаемые программой `splint`?

Утилита `splint` анализирует программный код, проверяет корректность задания аргументов использованных в программе функций и типов возвращаемых значений, обнаруживает синтаксические и семантические ошибки. В отличие от компилятора Санализатор `splint` генерирует комментарии с описанием разбора кода программы и осуществляет общий контроль, обнаруживая такие ошибки, как одинаковые объекты, определённые в разных файлах, или объекты, чьи значения не используются в работе программы, переменные с некорректно заданными значениями и типами и многое другое.

## Выводы

В ходе выполнения лабораторной работы мы приобрели простейшие навыки разработки, анализа, тестирования и отладки приложений в ОС типа UNIX/Linux на примере создания на языке программирования C калькулятора с простейшими функциями.