

Лабораторная работа № 13

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

Крутова Екатерина Дмитриевна

Содержание

1	Цель работы:	5
2	Задание	6
3	Теоретическое введение	7
4	Выполнение лабораторной работы	8
4.1	Задание 1 (рис. 4.1)	8
4.2	Задание 2 (рис. 4.2-4.5)	8
4.3	Задание 3 (рис. 4.6)	11
4.4	Задание 4	11
4.5	Задание 5 (рис. 4.7-4.8)	11
4.6	Задание 6 (рис. 4.9-4.17)	13
4.7	Задание 7 (рис. 4.18-4.19)	15
5	Выводы	17
6	Контрольные вопросы	18

Список иллюстраций

4.1	Создание подкаталога ~/work/os/lab_prog.	8
4.2	Создание файлов calculate.h, calculate.c, main.c.	8
4.3	Текст файла calculate.h	9
4.4	Текст файла calculate.c	10
4.5	Текст файла main.c	11
4.6	Создание подкаталога ~/work/os/lab_prog.	11
4.7	Создание Makefile	11
4.8	Содержимое Makefile	12
4.9	Отладка программы	13
4.10	Запуск программы внутри отладчика	13
4.11	Постраничный просмотр кода	13
4.12	Просмотр 12-15 строк кода	14
4.13	Просмотр строк 20-29 кода файла calculate.c	14
4.14	Установка точки останова	14
4.15	Проверка брэйкпоинта	14
4.16	Просмотр значения Numeral	15
4.17	Удаление брэйкпоинтов	15
4.18	Вызов утилиты splint с calculate.c	15
4.19	Вызов утилиты splint с main.c	16

Список таблиц

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

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.
3. Выполните компиляцию программы посредством `gcc`.
4. При необходимости исправьте синтаксические ошибки.
5. Создайте `Makefile`
6. С помощью `gdb` выполните отладку программы `calcul` (перед использованием `gdb` исправьте `Makefile`)
7. С помощью утилиты `splint` попробуйте проанализировать коды файлов `calculate.c` и `main.c`.

3 Теоретическое введение

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.

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 -g компилятора gcc.

Ещё одним средством проверки исходных кодов программ, написанных на языке C, является утилита splint. Эта утилита анализирует программный код, проверяет корректность задания аргументов использованных в программе функций и типов возвращаемых значений, обнаруживает синтаксические и семантические ошибки.

4 Выполнение лабораторной работы

4.1 Задание 1 (рис. 4.1)

```
[edkrutova@fedora ~]$ mkdir work/os/lab_prog  
[edkrutova@fedora ~]$ cd work/os/lab_prog/  
[edkrutova@fedora lab_prog]$
```

Рис. 4.1: Создание подкаталога ~/work/os/lab_prog.

4.2 Задание 2 (рис. 4.2-4.5)

```
[edkrutova@fedora lab_prog]$ touch calculate.h calculate.c main.c  
[edkrutova@fedora lab_prog]$ ls  
calculate.c calculate.h main.c  
[edkrutova@fedora lab_prog]$
```

Рис. 4.2: Создание файлов calculate.h, calculate.c, 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. 4.3: Текст файла calculate.h

```

#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: ");
        scanf("%f",&SecondNumeral);
        return(pow(Numeral, SecondNumeral));
    }
    else if(strncmp(Operation, "sqrt", 4) == 0)
        return(sqrt(Numeral));
    else if(strncmp(Operation, "sin", 3) == 0)
        return(sin(Numeral));
    else if(strncmp(Operation, "cos", 3) == 0)
        return(cos(Numeral));
    else if(strncmp(Operation, "tan", 3) == 0)
        return(tan(Numeral));
    else
    {
        printf("Неправильно введено действие ");
        return(HUGE_VAL);
    }
}

```

Рис. 4.4: Текст файла calculate.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. 4.5: Текст файла main.c

4.3 Задание 3 (рис. 4.6)

```

[edkrutova@fedora lab_prog]$ gcc -c calculate.c
[edkrutova@fedora lab_prog]$ gcc -c main.c
[edkrutova@fedora lab_prog]$ gcc calculate.o main.o -o calcul -lm
[edkrutova@fedora lab_prog]$

```

Рис. 4.6: Создание подкаталога ~/work/os/lab_prog.

4.4 Задание 4

{ошибок не было}

4.5 Задание 5 (рис. 4.7-4.8)

```

[edkrutova@fedora lab_prog]$ touch Makefile

```

Рис. 4.7: Создание Makefile

Данный файл необходим для автоматической компиляции файлов `calculate.c` (цель `calculate.o`), `main.c` (цель `main.o`), а также их объединения в один исполняемый файл `calcul` (цель `calcul`). Цель `clean` нужна для автоматического удаления файлов. Переменная `CC` отвечает за утилиту для компиляции. Переменная `CFLAGS` отвечает за опции в данной утилите. Переменная `LIBS` отвечает за опции для объединения объектных файлов в один исполняемый файл.

```
CC = gcc
CFLAGS = -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 *~
```

Рис. 4.8: Содержимое Makefile

4.6 Задание 6 (рис. 4.9-4.17)

```
[edkrutova@fedora lab_prog]$ make clean
rm calcul *.o *~
[edkrutova@fedora lab_prog]$ make calculate.o
gcc -c calculate.c -g
[edkrutova@fedora lab_prog]$ make main.o
gcc -c main.c -g
[edkrutova@fedora lab_prog]$ make calcul
gcc calculate.o main.o -o calcul -lm
[edkrutova@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/>.
```

Рис. 4.9: Отладка программы

```
(gdb) run
Starting program: /home/edkrutova/work/os/lab_prog/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.
[Thread debugging using libthread_db enabled]
Using host libthread_db library "/lib64/libthread_db.so.1".
Число: 5
Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): -
Вычитаемое: 3
2.00
[Inferior 1 (process 3371) exited normally]
```

Рис. 4.10: Запуск программы внутри отладчика

```
(gdb) list
1      #include <stdio.h>
2      #include "calculate.h"
3
4      int
5      main (void)
6      {
7          float Numeral;
8          char Operation[4];
9          float Result;
10         printf("Число: ");
```

Рис. 4.11: Постраничный просмотр кода

```
(gdb) list 12,15
12     printf("Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): ");
13     scanf("%s",&Operation);
14     Result = Calculate(Numeral, Operation);
15     printf("%.2f\n",Result);
```

Рис. 4.12: Просмотр 12-15 строк кода

```
(gdb) list calculate.c:20,29
20     return(Numeral - SecondNumeral);
21 }
22     else if(strncmp(Operation, "*", 1) == 0)
23     {
24         printf("Множитель: ");
25         scanf("%f",&SecondNumeral);
26         return(Numeral * SecondNumeral);
27     }
28     else if(strncmp(Operation, "/", 1) == 0)
29     {
```

Рис. 4.13: Просмотр строк 20-29 кода файла calculate.c

```
(gdb) list calculate.c:20,27
20     return(Numeral - SecondNumeral);
21 }
22     else if(strncmp(Operation, "*", 1) == 0)
23     {
24         printf("Множитель: ");
25         scanf("%f",&SecondNumeral);
26         return(Numeral * SecondNumeral);
27     }
(gdb) break 21
Breakpoint 1 at 0x401247: file calculate.c, line 22.
(gdb) info breakpoints
Num    Type             Disp Enb Address            What
1      breakpoint      keep y   0x0000000000401247 in Calculate
                                at calculate.c:22
(gdb)
```

Рис. 4.14: Установка точки останова

```
(gdb) run
Starting program: /home/edkrutova/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=0x7fffffffdf34 "*") at calculate.c:22
22     else if(strncmp(Operation, "*", 1) == 0)
(gdb) backtrace
#0 Calculate (Numeral=5, Operation=0x7fffffffdf34 "*") at calculate.c:22
#1 0x00000000004014eb in main () at main.c:14
(gdb)
```

Рис. 4.15: Проверка брэйкпоинта

```
(gdb) print Numeral
$1 = 5
(gdb) display Numeral
1: Numeral = 5
(gdb)
```

Рис. 4.16: Просмотр значения Numeral

```
(gdb) info breakpoints
Num   Type      Disp Enb Address          What
1     breakpoint keep y   0x0000000000401247 in calculate
                                at calculate.c:22
breakpoint already hit 1 time
(gdb) delete 1
(gdb) info breakpoints
No breakpoints or watchpoints.
(gdb)
```

Рис. 4.17: Удаление брэйкпоинтов

4.7 Задание 7 (рис. 4.18-4.19)

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

calculate.h:4:37: 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:7:31: Function parameter Operation declared as manifest array (size
        constant is meaningless)
calculate.c: (in function Calculate)
calculate.c:13:3: 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:19:6: Return value (type int) ignored: scanf("%f", &Sec...
calculate.c:25:6: Return value (type int) ignored: scanf("%f", &Sec...
calculate.c:31:6: Return value (type int) ignored: scanf("%f", &Sec...
calculate.c:32:9: 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:35:9: Return value type double does not match declared type float:
```

Рис. 4.18: Вызов утилиты splint с calculate.c

```
[edkrutova@fedora lab_prog]$ splint main.c
Splint 3.1.2 --- 23 Jul 2021

calculate.h:4:37: 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:11:3: 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:13:14: 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:13:11: Corresponding format code
main.c:13:3: Return value (type int) ignored: scanf("%s", &Ope...

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

Рис. 4.19: Вызов утилиты splint с 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.

5 Выводы

Я приобрела 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

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 `man` или 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:
- 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.

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 gcc как программы на языке C, файлы с расширением .cc или .C – как файлы на языке C++, а файлы с расширением .o считаются объектными. Например, в команде «gcc -c main.c»: gcc 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 и в качестве параметра задать имя создаваемого файла: «gcc -o hello 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.

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 -g компилятора gcc:

```
gcc -c file.c -g
```

После этого для начала работы с gdb необходимо в командной строке ввести одноимённую команду, указав в качестве аргумента анализируемый бинарный файл:

```
gdb file.o
```

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

Основные команды отладчика gdb:

- backtrace – вывод на экран пути к текущей точке останова (по сути вывод – названий всех функций)
- break – установить точку останова (в качестве параметра может быть указан номер строки или название функции)
- clear – удалить все точки останова в функции
- continue – продолжить выполнение программы
- delete – удалить точку останова
- display – добавить выражение в список выражений, значения которых отображаются при достижении точки останова программы

- `finish` – выполнить программу до момента выхода из функции
- `info breakpoints` – вывести на экран список используемых точек останова
- `info watchpoints` – вывести на экран список используемых контрольных выражений
- `list` – вывести на экран исходный код (в качестве параметра может быть указано название файла и через двоеточие номера начальной и конечной строк)
- `next` – выполнить программу пошагово, но без выполнения вызываемых в программе функций
- `print` – вывести значение указываемого в качестве параметра выражения
- `run` – запуск программы на выполнение
- `set` – установить новое значение переменной
- `step` – пошаговое выполнение программы
- `watch` – установить контрольное выражение, при изменении значения которого программа будет остановлена. Для выхода из `gdb` можно 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 `man gdb`

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

Схема отладки программы показана в 6 пункте лабораторной работы

10. 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.

11. 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 C анализатор 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.