

Отчет по лабораторной работе №13

Операционные системы

НВЕ МАНГЕ ХОСЕ ХЕРСОН МИКО

Содержание

1	Цель работы	5
2	Задание	6
3	Теоретическое введение	7
4	Выполнение лабораторной работы	9
5	Контрольные вопросы	17
6	Выводы	23
	Список литературы	24

Список иллюстраций

4.1	Создание файлов	9
4.2	calculate.c	10
4.3	main.c	10
4.4	calculate.h	10
4.5	Компиляция	11
4.6	Компиляция	11
4.7	Работа программы	12
4.8	list - несколько первых строк	12
4.9	list с параметром	13
4.10	list конкретного файла	13
4.11	list конкретного файла + создание точки прерывания на 21 строке	13
4.12	Команда info breakpoints	14
4.13	Работа программы с прерыванием	14
4.14	backtrace	14
4.15	Значение переменной Numeral	14
4.16	Та же переменная, но как бы после выполнения программы . . .	15
4.17	Удаление точек прерывания	15
4.18	splint calculate.c	15
4.19	splint main.c	16

Список таблиц

1 Цель работы

Цель данной лабораторной 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` со следующим содержанием.
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

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.

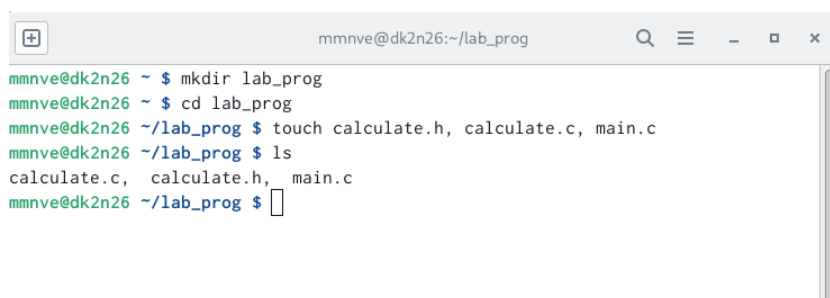
Для создания исходного текста программы разработчик может воспользоваться любым удобным для него редактором текста: vi, vim, mceditor, emacs, geany и др. После завершения написания исходного кода программы (возможно состоящей из нескольких файлов), необходимо её скомпилировать и получить исполняемый 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 gсс, которая интерпретирует аргументы командной строки, определяет и осуществляет запуск нужного компилятора для входного файла. Файлы с расширением (суффиксом) .с воспринимаются gсс как программы на языке С, файлы с расширением .сс или .С — как файлы на языке С++, а файлы с расширением .о считаются объектными.

4 Выполнение лабораторной работы

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.

(рис. 4.1, 4.2, 4.3, 4.4).



```
mmnve@dk2n26 ~ $ mkdir lab_prog
mmnve@dk2n26 ~ $ cd lab_prog
mmnve@dk2n26 ~/lab_prog $ touch calculate.h, calculate.c, main.c
mmnve@dk2n26 ~/lab_prog $ ls
calculate.c, calculate.h, main.c
mmnve@dk2n26 ~/lab_prog $
```

Рис. 4.1: Создание файлов

```
#1 0x00000000004014e0 00 00 00
(gdb) print Numeral
$1 = 5
(gdb) display Numeral
1: Numeral = 5
(gdb)
```

Рис. 4.2: calculate.c

```
(gdb) info breakpoints
Num Type Disp Enb Address What
1 breakpoint keep y 0x000000000040120f in Calculate
at calculate.c:21
breakpoint already hit 1 time
2 breakpoint keep y 0x000000000040120f in Calculate
at calculate.c:21
breakpoint already hit 1 time
(gdb) delete 1
(gdb) info breakpoints
Num Type Disp Enb Address What
2 breakpoint keep y 0x000000000040120f in Calculate
at calculate.c:21
breakpoint already hit 1 time
(gdb) delete 2
(gdb) info breakpoints
No breakpoints or watchpoints.
(gdb)
```

Рис. 4.3: main.c

```
Splint 3.1.2 --- 23 Jul 2022

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:14:2: 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:16:13: 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:16:10: Corresponding format code
main.c:16:2: Return value (type int) ignored: scanf("%s", &Op...
Finished checking --- 4 code warnings
```

Рис. 4.4: calculate.h

3. Выполните компиляцию программы посредством gcc.

4. При необходимости исправьте синтаксические ошибки (рис. 4.5)

Компиляция

Рис. 4.5: Компиляция

5. Создайте Makefile (рис. 4.6)



Рис. 4.6: Компиляция

Объяснение файла:

#Объявление переменных

CC = gcc #компилятор

CFLAGS = -g #опция, которая отладочную информацию положит в результирующий бинарный файл

LIBS = -lm

#Создаем файл calcul из файлов calculate.o main.o

calcul: calculate.o main.o #ниже обращаемся к содержимому переменной

\$(CC) calculate.o main.o -o calcul \$(LIBS) #добавляем опцию

#Здесь отражена строка: gcc calculate.o main.o -o calcul -lm

#Создаем файл calculate.o

calculate.o: calculate.c calculate.h #

\$(CC) -c calculate.c \$(CFLAGS) #gcc -c calculate.c -g

#Создаем файл main.o

```
main.o: main.c calculate.h #gcc -c main.c -g
```

```
$(CC) -c main.c $(CFLAGS) #
```

#

clean: #при вызове make clean будем удалять все файлы с разрешением .o

```
-rm calcul *.o *~ #
```

6. С помощью gdb выполните отладку программы calcul (перед использованием gdb исправьте Makefile) (рис. 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18)

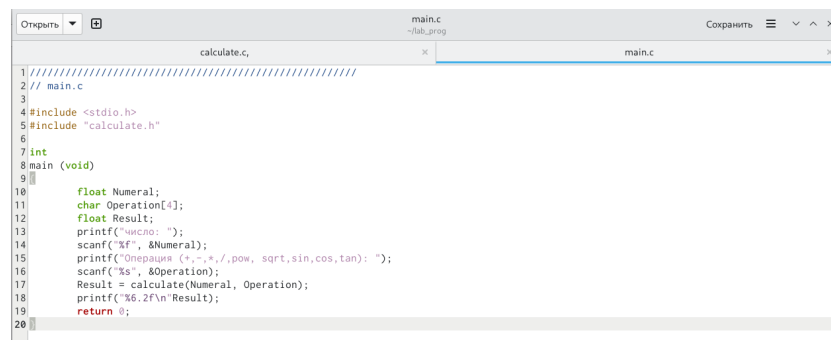


Рис. 4.7: Работа программы

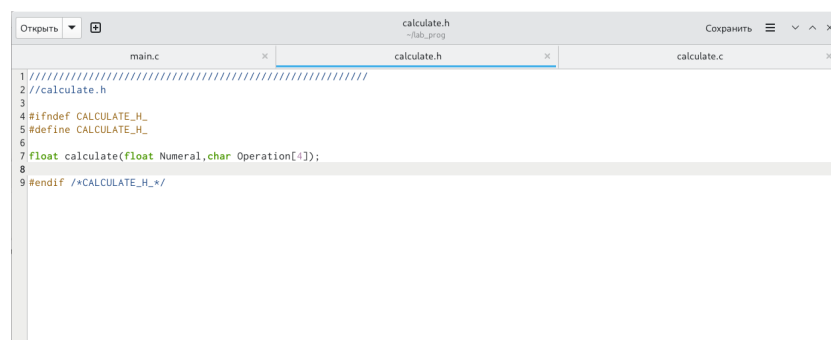


Рис. 4.8: list - несколько первых строк

```
mmnve@dk8n68 ~/lab_prog $ touch Makefile
mmnve@dk8n68 ~/lab_prog $ gdb ./calcul
GNU gdb (Gentoo 12.1 vanilla) 12.1
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-pc-linux-gnu".
Type "show configuration" for configuration details.
For bug reporting instructions, please see:
<https://bugs.gentoo.org/>.
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"...
./calcul: Нет такого файла или каталога.
(gdb) 
```

Рис. 4.9: list с параметром

```
mmnve@dk8n68 ~/lab_prog $ touch Makefile
mmnve@dk8n68 ~/lab_prog $ gedit Makefile
mmnve@dk8n68 ~/lab_prog $ gdb ./calcul
GNU gdb (Gentoo 12.1 vanilla) 12.1
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-pc-linux-gnu".
Type "show configuration" for configuration details.
For bug reporting instructions, please see:
<https://bugs.gentoo.org/>.
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"...
./calcul: Нет такого файла или каталога.
(gdb) 
```

Рис. 4.10: list конкретного файла

```
Using host libthread_db library "/lib64/libthread_db.so.1".
Число: 12
Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): +
Второе слагаемое: 1
13.00
```

Рис. 4.11: list конкретного файла + создание точки прерывания на 21 строке

```

[Enter] (process 6019) 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)

```

Рис. 4.12: Команда info breakpoints

```

(gdb) list 12,15
12     float Result;
13     printf("Число: ");
14     scanf("%f",&Numeral);
15     printf("Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): ");
(gdb)

```

Рис. 4.13: Работа программы с прерыванием

```

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

```

Рис. 4.14: backtrace

```

(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)

```

Рис. 4.15: Значение переменной Numeral

```
(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) █
```

Рис. 4.16: Та же переменная, но как бы после выполнения программы

```
[#####]5
Download failed: Таймер истек. Continuing without separate debug info for system-supplied DSO at 0x7ffff7fc6000.
[Thread debugging using libthread_db enabled]
Using host libthread_db library "/lib64/libthread_db.so.1".
Число: Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): -

Breakpoint 1, Calculate (Numeral=5, Operation=0x7fffffda54 "-")
at calculate.c:21
21      printf("Вычитаемое: ");
(gdb) █
```

Рис. 4.17: Удаление точек прерывания

7. С помощью утилиты `splint` попробуйте проанализировать коды файлов `calculate.c` и `main.c` (рис. 4.18, 4.19)

```
[Thread debugging using libthread_db enabled]
Using host libthread_db library "/lib64/libthread_db.so.1".
Число: Операция (+,-,*,/,pow,sqrt,sin,cos,tan): -

Breakpoint 1, Calculate (Numeral=5, Operation=0x7fffffda54 "-")
at calculate.c:21
21      printf("Вычитаемое: ");
(gdb) backtrace
#0 Calculate (Numeral=5, Operation=0x7fffffda54 "-") at calculate.c:21
#1 0x00000000004014eb in main () at main.c:17
(gdb) █
```

Рис. 4.18: `splint calculate.c`

```
(gdb) print Numeral  
$1 = 5  
(gdb) █
```

Рис. 4.19: splint main.c

5 Контрольные вопросы

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

Дополнительную информацию об этих программах можно получить с помощью функций `info` и `man`.

2. 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.

3. 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 `bzr diff -p1` выводит префиксы в форме которая подходит для команды `patch -p1`.

4. 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.

5. 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`.

6. 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`. Вто-

рой способ позволяет включать в исполняемый модуль `testab.cd` возможность выполнить процесс отладки на уровне исходного текста.

7. 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.
8. 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;

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

- 1) Выполнили компиляцию программы
- 2) Увидели ошибки в программе
- 3) Открыли редактор и исправили программу

- 4) Загрузили программу в отладчик `gdb run` — отладчик выполнил программу, ввели требуемые значения.
- 5) Программа завершена, `gdb` не видит ошибок.
- 10. 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`.

- 11. 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.

- 12. 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.

6 Выводы

При выполнении данной лабораторной работы 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.

Список литературы

1. Лабораторная работа No 13. Средства, применяемые при разработке программного обеспечения в ОС типа UNIX/Linux