МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет информационных технологий

Кафедра параллельных вычислений

ОТЧЕТ

О ВЫПОЛНЕНИИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПРИКАЛДНЫХ ПРОГРАММ И ИЗУЧЕНИЕ ОПТИМИЗИРУЮЩЕГО КОМПИЛЯТОРА

студентки 2 курса, группы 21205

Евдокимовой Дарьи Евгеньевны

Направление 09.03.01 – «Информатика и вычислительная техника»

Преподаватель:
Кандидат технических наук, доцент
А.Ю.Власенко

Новосибирск 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ЦЕЛЬ

1. Изучение основных функций оптимизирующего компилятора, и некоторых примеров оптимизирующих преобразований и уровней оптимизации.
2. Получение базовых навыков работы с компилятором GCC.
3. Исследование влияния оптимизационных настроек компилятора GCC на время исполнения программы.

ЗАДАНИЕ

Вариант задания: 4.

Написать программу на языке C или C++, содержащую функцию, которая реализует выбранный алгоритм из задания. Программа должна принимать значение N через параметр в командной строке.

Проверить правильность работы программы на нескольких тестовых наборах входных данных.

Скомпилировать программу компилятором GCC с уровнями оптимизации -O0, -O1, -O2, -O3, -Os, -Ofast, -Og под архитектуру процессора x86 (x86-64).

ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

В ходе задания использовался компьютер с архитектурой amd64, с операционной системой Ubuntu 20.04.5 LTS и процессором Intel® Core™ i3-6100U CPU @ 2.30GHz × 4.

Пошаговое описание выполненной работы

1. Был создан файл pract1.c
2. Была написана компьютерная программа, которая вычисляет sin(x) с помощью разложения в степенной ряд по первым N членам этого ряда (см. «Рис.1»).

$$\sin x = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} x^{2n-1}}{(2n-1)!} = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \ldots + \frac{(-1)^{n-1}}{(2n-1)!} x^{2n-1} + \ldots$$

Рис.1. Разложение синуса в ряд Тейлора

3. Нетрудно заметить, что степень x в числителе увеличивается на 2 в каждом новом слагаемом, и в знаменателе число под знаком факториала также увеличивается на 2 в каждом новом слагаемом. По такому принципу запрограммируем разложение ряда. Вывод формула представлен в Приложении 1.

4. Код скомпилирован командой **gcc -o sinex.o pract1.c**,
где sinex.o - исполнительный файл.

5. Запуск программы производится с помощью команды

./sinex.o argv[1] argv[2]

На вход программы первый аргумент - число x (угол, синус которого необходимо посчитать), второй аргумент - количество членов n, по которым будет выполнено разложение. Листинг программы представлен в Приложении 3. На выходе ожидается одно число: значение синуса при разложении по ряду Тейлора.

Пусть угол, синус которого нужно посчитать, равен 30 градусам во всех запусках программ.

Описание методики для определения времени работы программы

Замеры времени работы программы будем проводить с помощью библиотечной функции clock_gettime, которая получает значения системного таймера в ОС Linux/UNIX.

Функция clock_gettime с параметром CLOCK_MONOTONIC_RAW сохраняет значение системного таймера в структуру struct timespec. Структура состоит из двух полей: tv_sec и tv_nsec (можно считать их тип long int), задающих количество секунд и наносекунд, прошедших с некоторого неспецифицированного момента времени в прошлом.

В приведённом коде программы (см.Приложение 3) сохраняется значение таймера перед выполнением некоторого кода и после него. Разница показаний преобразуется в секунды и выводится на экран. Реализация функции clock_gettime находится в библиотеке rt, поэтому при компиляции программы необходимо добавить ключ компиляции ‘-lrt’.

Описание выполненной работы по выбранному методу измерения времени

1. Подберем такое значение n, при котором время работы программы будет оставлять 30-60 секунд. Подобранное значение: n = 5000000000.

2. Скомпилируем программу с уровнями оптимизации -O0, -O1, -O2, -O3, -Os, -Ofast, -Og. Для каждого уровня оптимизации замерим время работы программы при подобранном значении n = 5000000000; 0,5n = 2500000000; 1,5n = 7500000000.

Команды компиляции и запуска отразим в таблице (см. Таблицу 1).

Табл1. Команды компиляции и запуска программы

Уровень оптимизации	Строка компиляции	Строка запуска
-O0	gcc -O0 pract1.c -o sin0.out	./sin0.out5000000000
-O1	gcc –O1 pract1.c -o sin1.out	./sin1.out 5000000000
-O2	gcc –O2 pract1.c -o sin2.out	./sin2.out 5000000000
-O3	gcc –O3 pract1.c -o sin3.out	./sin3.out 5000000000
-Os	gcc -Os pract1.c -o sins.out	./sins.out 5000000000
-Ofast	gcc - Ofast pract1.c -o sinfast.out	./sinfast.out 5000000000
-Og	gcc -Og pract1.c -o sins.out	./sing.out 5000000000

3. Добавим полученные результаты измерений в таблицу (см. Таблицу 2).

Табл2. Результаты измерений работы программы

Уровень оптимизации	Время, сек		
	0,5n	n	1,5n
Без оптимизации	21,394285	42,283264	62,722931
-O0	21,335025	41,365441	62,566865
-O1	17,523081	36,389963	53,238400
-O2	14,404356	28,540318	42,693331
-O3	14,392284	28,926574	43,671439
-Os	15,971132	32,201119	47,453774
-Ofast	10,467361	20,946843	31,957489
-Og	14,493039	28,807811	42,970042

4. Графическое представление результатов экспериментов приведено на графиках зависимости различных значений n от времени (см. Рис. 2) и зависимости различных оптимизаций от времени (см. Рис. 3).

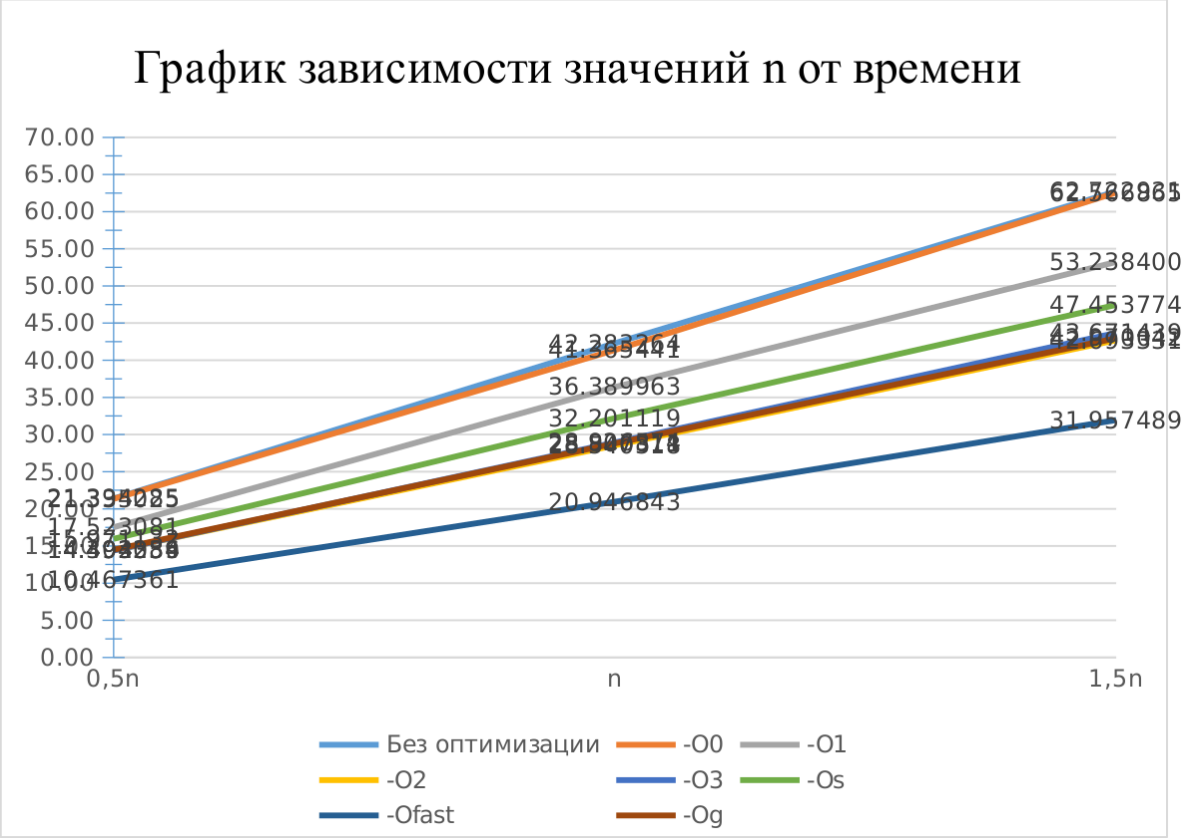


Рис.2. График зависимости значений n от времени

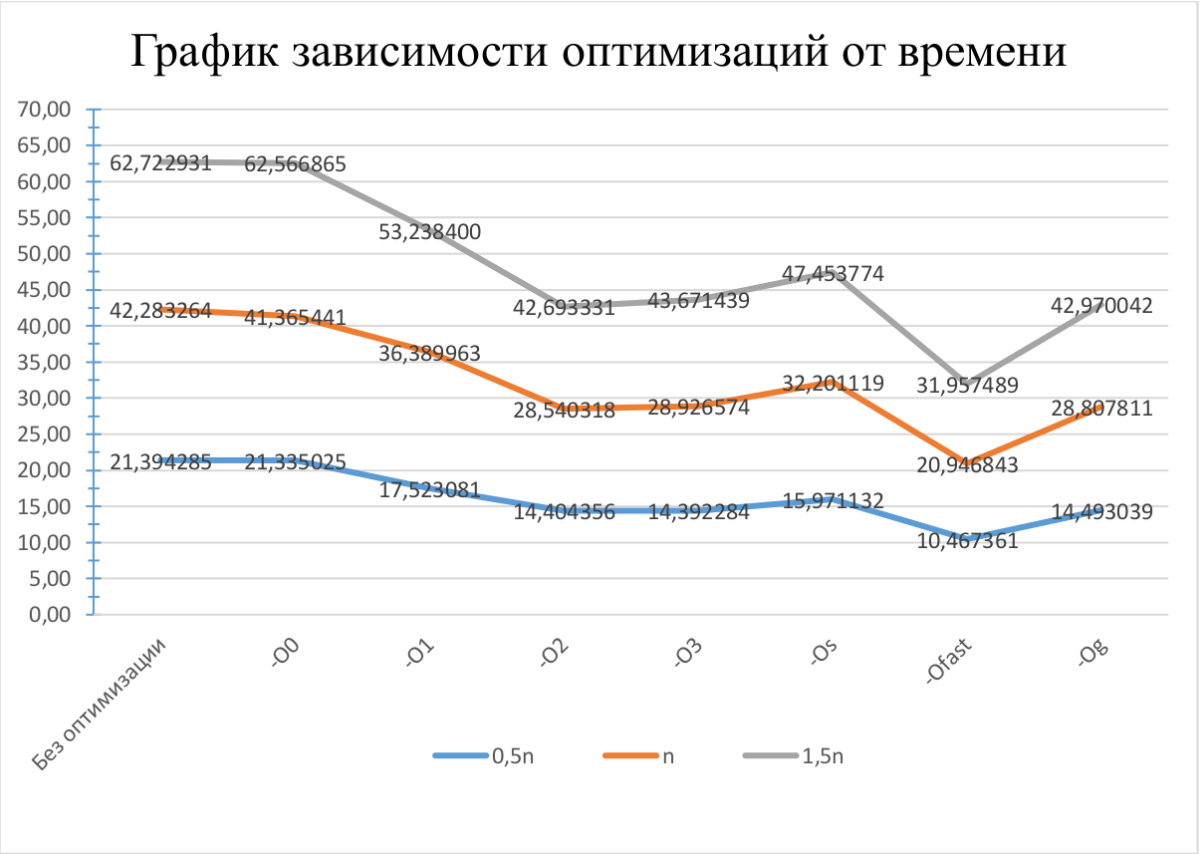


Рис.3. График зависимости оптимизаций от времени от времени

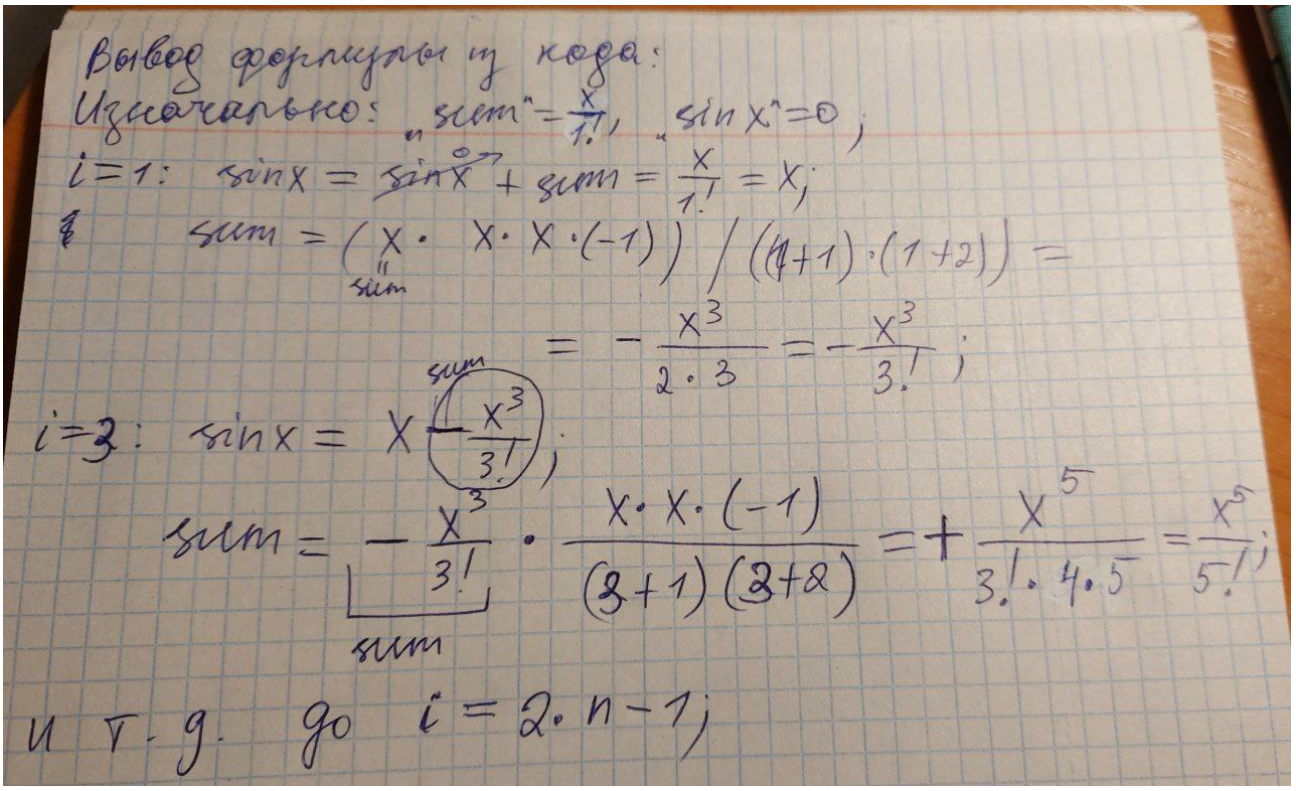
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В нашей работе мы узнали базовые команды при работе с компилятором, изучили основные флаги для оптимизации и как они влияют на время работы программы.

По итогу работы были представлены различные способы оптимизации и определены зависимости этих оптимизаций от времени и n-членов, по которым было необходимо разложить синус в ряд Тейлора.

В ходе выполнения задания было выявлено, что код без оптимизаций и оптимизация -O0 работает почти одинаковое время; оптимизация -O1 работает быстрее -O1, но медленнее -Os; оптимизации -O2, -O3, -Og работают быстрее упомянутых выше. Различие во времени работы программы наблюдается в сотых и тысячных долях секунды.
Оптимизация -Ofast показала себя быстрее всего.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Вывод упрощенной формулы для разложения синуса в ряд Тейлора



ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Листинг программы с библиотечной функцией clock_gettime

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

#define PI 3.1415926535897
double CalcSin(double x, long long n){
   double sinx = 0;
   x = x * PI / 180;
   double sum = x;
   for (long long i = 1; i <= 2 * n - 1; i += 2){
      sinx += sum;
      sum = (sum * x * x * (-1)) / ( (i + 1) * (i + 2)) ;
   }
   return sinx;
}
int main(int argc, char **argv){
   struct timespec start, end;
   clock_gettime (CLOCK_MONOTONIC_RAW, &start);
   if (argc == 1){
      printf("Bad input. Enter x and n in command line");
            return 0;
   }
   double x = atoll(argv[1]);
   long long n = atoll(argv[2]);
   double sinx = CalcSin(x, n);
   printf("%lf\n", sinx);
   clock_gettime(CLOCK_MONOTONIC_RAW, &end);
   printf("Time taken: %lf sec.\n", end.tv_sec-start.tv_sec
            + 0.000000001*(end.tv_nsec-start.tv_nsec));
   return 0;
}
```

Строка компиляции: gcc –o sinex.o pract1.c -lrt

Строка запуска: ./sinex.o 30 5000000000