

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**  
**Кафедра МО ЭВМ**

**ОТЧЕТ**  
**по лабораторной работе №1**  
**по дисциплине «Качество и метрология программного обеспечения»**  
**ТЕМА: «Расчет метрических характеристик качества разработки**  
**программ по метрикам Холстеда»**

Студент гр. 7304

\_\_\_\_\_

Комаров А.О.

Преподаватель

\_\_\_\_\_

Ефремов М.А.

Санкт-Петербург

2021

## Задание

Для заданного варианта программы обработки данных, представленной на языке Паскаль, разработать вычислительный алгоритм и также варианты программ его реализации на языках программирования Си и Ассемблер. Добиться, чтобы программы на Паскале и Си были работоспособны и давали корректные результаты (это потребуется в дальнейшем при проведении с ними измерительных экспериментов).

Для каждой из разработанных программ (включая исходную программу на Паскале) определить следующие метрические характеристики (по Холстеду):

### 1. Измеримые характеристики программ:

- число простых(отдельных)операторов, в данной реализации;
- число простых (отдельных) операндов, в данной реализации;
- общее число всех операторов в данной реализации;
- общее число всех операндов в данной реализации;
- число вхождений j-го оператора в тексте программы;
- число вхождений j-го операнда в тексте программы;
- словарь программы;
- длину программы.

### 2. Расчетные характеристики программы:

- длину программы;
- реальный и потенциальный объемы программы;
- уровень программы;
- интеллектуальное содержание программы;
- работу программиста;
- время программирования;
- уровень используемого языка программирования;
- ожидаемое число ошибок в программе.

Для характеристик длина программы, уровень программы, время программирования следует рассчитать как саму характеристику, так и ее оценку.

### Ход работы

1. Определение метрических характеристик для программы на Pascal.

Код программы представлен в приложении А.

Ручной расчёт измеримых характеристик представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Ручной расчёт измеримых характеристик (Pascal)

| №     | Оператор         | Количество | №     | Операнд   | Количество |
|-------|------------------|------------|-------|-----------|------------|
| 1     | ;                | 18         | 1     | x         | 3          |
| 2     | :=               | 13         | 2     | y         | 2          |
| 3     | () или begin end | 16         | 3     | i         | 10         |
| 4     | []               | 12         | 4     | j         | 11         |
| 5     | +                | 4          | 5     | a         | 12         |
| 6     | -                | 2          | 6     | n         | 5          |
| 7     | >                | 2          | 7     | p         | 3          |
| 8     | for to do        | 4          | 8     | q         | 3          |
| 9     | If then          | 2          | 9     | hold      | 6          |
| 10    | repeat until     | 1          | 10    | no_change | 4          |
| 11    | sort1            | 1          | 11    | 1         | 9          |
| 12    | sort2            | 1          | 12    | 1000      | 3          |
| 13    | swap             | 1          | 13    | 999       | 1          |
| 14    | randomize        | 1          | 14    | true      | 1          |
| 15    | random           | 1          | 15    | false     | 1          |
| Всего |                  | 79         | Всего |           | 74         |

Программный расчёт измеримых характеристик представлен в таблицу

2. Файл с результатами программных расчётов представлен в приложении Б.

Таблица 2 – Программный расчёт измеримых характеристик (Pascal)

| №     | Оператор  | Количество | №     | Операнд     | Количество |
|-------|-----------|------------|-------|-------------|------------|
| 1     | ()        | 10         | 1     | 1           | 10         |
| 2     | +         | 4          | 2     | 1000        | 4          |
| 3     | -         | 2          | 3     | 999         | 1          |
| 4     | ;         | 39         | 4     | a           | 12         |
| 5     | =         | 10         | 5     | bubble_sort | 1          |
| 6     | >         | 2          | 6     | false       | 1          |
| 7     | []        | 13         | 7     | hold        | 6          |
| 8     | boolean   | 1          | 8     | i           | 9          |
| 9     | for       | 4          | 9     | j           | 9          |
| 10    | if        | 2          | 10    | n           | 6          |
| 11    | Integer   | 5          | 11    | no_change   | 4          |
| 12    | procedure | 3          | 12    | p           | 3          |
| 13    | program   | 1          | 13    | q           | 3          |
| 14    | random    | 1          | 14    | true        | 1          |
| 15    | randomize | 1          | 15    | x           | 4          |
| 16    | real      | 6          | 16    | y           | 3          |
| 17    | repeat    | 1          | Всего |             | 77         |
| 18    | sort1     | 2          |       |             |            |
| 19    | sort2     | 2          |       |             |            |
| 20    | swap      | 2          |       |             |            |
| Всего |           | 111        |       |             |            |

Определение расчетных характеристик представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Расчёт расчетных характеристик (Pascal)

| Характеристика | Ручной расчёт | Программный расчёт |
|----------------|---------------|--------------------|
|----------------|---------------|--------------------|

|   |           |         |
|---|-----------|---------|
| Число простых операторов $n_1$                  | 15        | 20      |
| Число простых операндов $n_2$                   | 15        | 16      |
| Общее число всех операторов $N_1$               | 79        | 111     |
| Общее число всех операндов $N_2$                | 74        | 77      |
| Словарь $n$                                     | 30        | 36      |
| Длина $N_{\text{опыт}}$                         | 153       | 188     |
| Теоретическая длина $N_{\text{теор}}$           | 117.207   | 150     |
| Объём $V$                                       | 750.754   | 971.946 |
| Потенциальный объём $V^*$                       | 11.609    | 19.65   |
| Уровень программы $L$                           | 0.015     | 0.02    |
| Оценка уровня программы $L^{\sim}$              | 0.027     | 0.021   |
| Интеллектуальное содержание $I$                 | 20.29     | 20.19   |
| Работа программирования $E$                     | 48548.615 | 48071   |
| Оценка времени<br>программирования $T^{\wedge}$ | 4854.9    | 2079.4  |
| Время программирования $T$                      | 2777.79   | 2670.65 |
| Уровень языка $\lambda$                         | 0.1795    | 0.397   |
| Ожидаемое число ошибок в<br>программе $B$       | 2         | 0.44    |

2. Определение метрических характеристик для программы на Си.

Код программы представлен в приложении В.

Ручной расчёт измеримых характеристик представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Ручной расчёт измеримых характеристик (Си)

| № | Оператор  | Количество | № | Операнд | Количество |
|---|-----------|------------|---|---------|------------|
| 1 | ;         | 22         | 1 | x       | 14         |
| 2 | =         | 15         | 2 | y       | 2          |
| 3 | () или {} | 27         | 3 | i       | 12         |
| 4 | []        | 13         | 4 | n       | 5          |
| 5 | for       | 4          | 5 | a       | 3          |

|       |        |     |       |           |    |
|-------|--------|-----|-------|-----------|----|
| 6     | if     | 2   | 6     | hold      | 5  |
| 7     | >      | 2   | 7     | no_change | 4  |
| 8     | <      | 4   | 8     | j         | 13 |
| 9     | +      | 4   | 9     | 0         | 6  |
| 10    | ++     | 4   | 10    | 1         | 7  |
| 11    | -      | 2   | 11    | 999       | 1  |
| 12    | %      | 1   | 12    | 1000      | 3  |
| 13    | *      | 7   | 13    | NULL      | 1  |
| 14    | &      | 2   | Всего |           | 76 |
| 15    | return | 1   |       |           |    |
| 16    | sort1  | 1   |       |           |    |
| 17    | sort2  | 1   |       |           |    |
| 18    | swap   | 1   |       |           |    |
| 19    | srand  | 1   |       |           |    |
| 20    | time   | 1   |       |           |    |
| 21    | rand   | 1   |       |           |    |
| 22    | !      | 1   |       |           |    |
| Всего |        | 117 |       |           |    |

Программный расчёт измеримых характеристик представлен в таблице 5. Файл с результатами программных расчётов представлен в приложении Г.

Таблица 5 – Программный расчёт измеримых характеристик (Си)

| №  | Оператор | Количество | №  | Операнд   | Количество |
|----|----------|------------|----|-----------|------------|
| 1  | !        | 1          | 1  | 0         | 6          |
| 2  | %        | 1          | 2  | 1         | 7          |
| 3  | ()       | 13         | 3  | 1000      | 5          |
| 4  | +        | 4          | 4  | 999       | 1          |
| 5  | ++       | 4          | 5  | NULL      | 1          |
| 6  | ,        | 6          | 6  | a         | 3          |
| 7  | -        | 2          | 7  | b         | 3          |
| 8  | ;        | 35         | 8  | hold      | 5          |
| 9  | <        | 4          | 9  | i         | 13         |
| 10 | =        | 15         | 10 | j         | 13         |
| 11 | >        | 2          | 11 | n         | 5          |
| 12 | []       | 13         | 12 | no_change | 4          |

|       |        |     |       |   |    |
|-------|--------|-----|-------|---|----|
| 13    | _&     | 2   | 13    | x | 16 |
| 14    | _*     | 4   | 14    | y | 3  |
| 15    | _[]    | 2   | Всего |   | 85 |
| 16    | __*    | 4   |       |   |    |
| 17    | float  | 8   |       |   |    |
| 18    | for    | 4   |       |   |    |
| 19    | if     | 2   |       |   |    |
| 20    | int    | 8   |       |   |    |
| 21    | main   | 1   |       |   |    |
| 22    | rand   | 1   |       |   |    |
| 23    | return | 1   |       |   |    |
| 24    | sort1  | 2   |       |   |    |
| 25    | sort2  | 2   |       |   |    |
| 26    | srand  | 1   |       |   |    |
| 27    | swap   | 2   |       |   |    |
| 28    | time   | 1   |       |   |    |
| 29    | void   | 3   |       |   |    |
| 30    | while  | 1   |       |   |    |
| Всего |        | 149 |       |   |    |

Определение расчетных характеристик представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Расчёт расчетных характеристик (Си)

| Характеристика                        | Ручной расчёт | Программный расчёт |
|---------------------------------------|---------------|--------------------|
| Число простых операторов<br>$n_1$     | 22            | 30                 |
| Число простых операндов<br>$n_2$      | 13            | 14                 |
| Общее число всех операторов $N_1$     | 117           | 149                |
| Общее число всех операндов $N_2$      | 76            | 85                 |
| Словарь $n$                           | 35            | 44                 |
| Длина $N_{\text{опыт}}$               | 193           | 234                |
| Теоретическая длина $N_{\text{теор}}$ | 146.213       | 200.51             |
| Объём $V$                             | 989.95        | 1277.5             |
| Потенциальный объём $V^*$             | 11.61         | 19.65              |
| Уровень программы $L$                 | 0.0117        | 0.015              |
| Оценка уровня программы<br>$L^{\sim}$ | 0.015         | 0.011              |
| Интеллектуальное содержание $I$       | 15.39         | 14.03              |
| Работа программирования               | 84412.97      | 83048              |

|   |          |        |
|---|----------|--------|
| Е   |          |        |
| Оценка времени<br>программирования $T^{\wedge}$ | 8441.297 | 5538.5 |
| Время программирования $T$                      | 6366.15  | 4613   |
| Уровень языка $\lambda$                         | 0.136    | 0.302  |
| Ожидаемое число ошибок в<br>программе $B$       | 3        | 0.63   |

### 3. Определение метрических характеристик для программы на Си.

Код программы представлен в приложении Д.

Ручной расчёт измеримых характеристик представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Ручной расчёт измеримых характеристик (Ассемблер)

| №  | Оператор | Количество | №  | Операнд    | Количество |
|----|----------|------------|----|------------|------------|
| 1  | pushq    | 4          | 1  | %rbp       | 10         |
| 2  | movq     | 29         | 2  | %rsp       | 6          |
| 3  | movl     | 38         | 3  | %rdi       | 6          |
| 4  | jmp .L2  | 1          | 4  | -24(%rbp)  | 15         |
| 5  | addl     | 6          | 5  | %esi       | 4          |
| 6  | jmp .L3  | 1          | 6  | -28(%rbp)  | 5          |
| 7  | cltq     | 13         | 7  | \$0        | 8          |
| 8  | leaq     | 12         | 8  | -12(%rbp)  | 7          |
| 9  | addq     | 12         | 9  | %eax       | 43         |
| 10 | movss    | 19         | 10 | \$1        | 13         |
| 11 | ucomiss  | 2          | 11 | -8(%rbp)   | 12         |
| 12 | jbe .L4  | 1          | 12 | 0(,%rax,4) | 10         |
| 13 | cmpl     | 5          | 13 | %rdx       | 19         |
| 14 | jl .L6   | 1          | 14 | %rax       | 44         |
| 15 | subl     | 4          | 15 | %xmm0      | 20         |
| 16 | jl .L7   | 1          | 16 | %xmm1      | 4          |
| 17 | nop      | 3          | 17 | -4(%rbp)   | 11         |
| 18 | popq     | 2          | 18 | %rcx       | 2          |
| 19 | ret      | 4          | 19 | %rsi       | 4          |
| 20 | jmp .L11 | 1          | 20 | -32(%rbp)  | 3          |
| 21 | jmp .L12 | 1          | 21 | \$32       | 1          |



|       |                   |     |       |                    |     |
|-------|-------------------|-----|-------|--------------------|-----|
| 22    | jbe .L13          | 1   | 22    | \$8032             | 1   |
| 23    | call swap         | 1   | 23    | %fs:40             | 2   |
| 24    | jl .L15           | 1   | 24    | -8020(%rbp)        | 6   |
| 25    | je .L16           | 1   | 25    | %ecx               | 5   |
| 26    | leave             | 2   | 26    | %edx               | 5   |
| 27    | subq              | 2   | 27    | \$9                | 1   |
| 28    | xorl              | 1   | 28    | \$31               | 1   |
| 29    | call<br>time@PLT  | 1   | 29    | \$999              | 2   |
| 30    | call<br>srand@PLT | 1   | 30    | -8016(%rbp,%rax,4) | 2   |
| 31    | call<br>rand@PLT  | 1   | 31    | -4016(%rbp,%rax,4) | 1   |
| 32    | imull             | 2   | 32    | -8016(%rbp)        | 1   |
| 33    | leal              | 1   | 33    | \$1000             | 2   |
| 34    | sarl              | 2   | 34    | -4016(%rbp)        | 1   |
| 35    | cvtsi2ss          | 1   | Bcero |                    | 277 |
| 36    | jle .L20          | 1   |       |                    |     |
| 37    | call sort1        | 1   |       |                    |     |
| 38    | call sort2        | 1   |       |                    |     |
| 39    | je .L22           | 1   |       |                    |     |
| Bcero |                   | 182 |       |                    |     |

Определение расчетных характеристик представлено в таблице 8.

Таблица 8 – Расчёт расчетных характеристик (Ассемблер)

| Характеристика                               | Ручной расчёт |
|--|---------------|
| Число простых операторов $n_1$               | 39            |
| Число простых операндов $n_2$                | 34            |
| Общее число всех операторов $N_1$            | 182           |
| Общее число всех операндов $N_2$             | 277           |
| Словарь $n$                                  | 73            |
| Длина $N_{\text{опыт}}$                      | 459           |
| Теоретическая длина $N_{\text{теор}}$        | 379.1         |
| Объём $V$                                    | 2841.129      |
| Потенциальный объём $V^*$                    | 11.61         |
| Уровень программы $L$                        | 0.004         |
| Оценка уровня программы $L^{\sim}$           | 0.0063        |
| Интеллектуальное содержание $I$              | 17.88         |
| Работа программирования $E$                  | 695285.67     |
| Оценка времени программирования $T^{\wedge}$ | 69528.567     |
| Время программирования $T$                   | 45136.355     |
| Уровень языка $\lambda$                      | 0.047         |
| Ожидаемое число ошибок в программе $B$       | 8             |

#### 4. Сравнение результатов определения метрических характеристик.

Таблица 9 – Сводная таблица расчетов на трех языках

| Характеристика                               | Ручной<br>расчёт<br>Pascal | Програм-<br>мный расчёт<br>Pascal | Ручной<br>расчёт<br>Си | Програм-<br>мный расчёт<br>Си | Ручной<br>расчёт<br>Ассембле<br>р |
|--|----------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Число простых операторов $n_1$               | 15                         | 20                                | 22                     | 30                            | 39                                |
| Число простых операндов $n_2$                | 15                         | 16                                | 13                     | 14                            | 34                                |
| Общее число всех операторов $N_1$            | 79                         | 111                               | 117                    | 149                           | 182                               |
| Общее число всех операндов $N_2$             | 74                         | 77                                | 76                     | 85                            | 277                               |
| Словарь $n$                                  | 30                         | 36                                | 35                     | 44                            | 73                                |
| Длина $N_{\text{опыт}}$                      | 153                        | 188                               | 193                    | 234                           | 459                               |
| Теоретическая длина $N_{\text{теор}}$        | 117.207                    | 150                               | 146.213                | 200.51                        | 379.1                             |
| Объём $V$                                    | 750.754                    | 971.946                           | 989.95                 | 1277.5                        | 2841.129                          |
| Потенциальный объём $V^*$                    | 11.609                     | 19.65                             | 11.61                  | 19.65                         | 11.61                             |
| Уровень программы                            | 0.015                      | 0.02                              | 0.0117                 | 0.015                         | 0.004                             |
| Оценка уровня программы $L^{\sim}$           | 0.027                      | 0.021                             | 0.015                  | 0.011                         | 0.0063                            |
| Интеллектуальное содержание $I$              | 20.29                      | 20.19                             | 15.39                  | 14.03                         | 17.88                             |
| Работа программирования $E$                  | 48548.615                  | 48071                             | 84412.97               | 83048                         | 695285.67                         |
| Оценка времени программирования $T^{\wedge}$ | 4854.9                     | 2079.4                            | 8441.297               | 5538.5                        | 69528.567                         |
| Время программирования $T$                   | 2777.79                    | 2670.65                           | 6366.15                | 4613                          | 45136.355                         |
| Уровень языка $\lambda$                      | 0.1795                     | 0.397                             | 0.136                  | 0.302                         | 0.047                             |
| Ожидаемое число ошибок в программе $B$       | 2                          | 0.44                              | 3                      | 0.63                          | 8                                 |

В результате сравнения видно, что уровень программы самый низкий у программы на Ассемблере, а самый высокий у программы на Pascal.

Наибольшие показатели времени программирования, работы программирования и ожидаемого числа ошибок, наоборот, соответствуют Ассемблеру, а наименьший – Pascal. значение  $n^2$  принято 3, поскольку исследуемая функция принимает 2 аргумента и имеет возвращаемое значение.

## **Выводы**

В результате выполнения данной лабораторной работы была изучена система метрик Холстеда. Было проведено сравнение программ, реализующих алгоритмы сортировки пузырьком, на языках Pascal, Си и Ассемблер.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Код программы на Pascal.

```
program bubble_sort;
var x,y: array[1..1000] of real; i,n: integer;

procedure sort1(var a: array of real; n: integer);
var i,j: integer; hold: real;
begin
  for i:=1 to n-1 do
    for j:=i+1 to n do
      begin
        if a[i]>a[j] then
          begin
            hold:=a[i];
            a[i]:=a[j];
            a[j]:=hold;
          end
        end
      end
    end;
end;

procedure sort2(var a: array of real; n: integer);
var no_change: boolean; j: integer;
procedure swap(var p, q: real);
var hold: real;
begin
  hold:=p;
  p:=q;
  q:=hold;
end;
begin
  repeat
    no_change:=true;
    for j:=1 to n-1 do
      begin
        if a[j]>a[j+1] then
          begin
            swap(a[j],a[j+1]);
            no_change:=false;
          end
        end
      end
    until no_change;
  end;
begin
  randomize;
  for i:= 1 to 1000 do
    begin
      x[i] := random(999) + 1;
      y[i] := x[i];
    end;
  sort1(x, 1000);
  sort2(y, 1000);
end.
```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Результаты parser\_pas.exe

Statistics for module Z:\pasout.lxm

```
=====
The number of different operators      : 20
The number of different operands      : 16
The total number of operators          : 111
The total number of operands          : 77

Dictionary                            ( D ) : 36
Length                               ( N ) : 188
Length estimation                     ( ^N ) : 150.439
Volume                               ( V ) : 971.946
Potential volume                     ( *V ) : 19.6515
Limit volume                         (**V) : 38.2071
Programming level                    ( L ) : 0.0202187
Programming level estimation         ( ^L ) : 0.0207792
Intellect                            ( I ) : 20.1963
Time of programming                  ( T ) : 2670.65
Time estimation                      ( ^T ) : 2079.42
Programming language level          (lambda) : 0.397328
Work on programming                 ( E ) : 48071.6
Error                               ( B ) : 0.440695
Error estimation                    ( ^B ) : 0.323982
```

Table:

```
=====
Operators:
| 1 | 10 | ( )
| 2 | 4  | +
| 3 | 2  | -
| 4 | 39 | ;
| 5 | 10 | =
| 6 | 2  | >
| 7 | 13 | []
| 8 | 1  | boolean
| 9 | 4  | for
|10 | 2  | if
|11 | 5  | integer
|12 | 3  | procedure
|13 | 1  | program
|14 | 1  | random
|15 | 1  | randomize
|16 | 6  | real
|17 | 1  | repeat
|18 | 2  | sort1
|19 | 2  | sort2
|20 | 2  | swap

Operands:
| 1 | 10 | 1
| 2 | 4  | 1000
| 3 | 1  | 999
| 4 | 12 | a
| 5 | 1  | bubble_sort
| 6 | 1  | false
| 7 | 6  | hold
| 8 | 9  | i
| 9 | 9  | j
|10 | 6  | n
```

|    |   |           |
|----|---|-----------|
| 11 | 4 | no_change |
| 12 | 3 | p         |
| 13 | 3 | q         |
| 14 | 1 | true      |
| 15 | 4 | x         |
| 16 | 3 | y         |

#### Summary:

```
=====
The number of different operators      : 20
The number of different operands      : 16
The total number of operators         : 111
The total number of operands         : 77

Dictionary                            ( D)   : 36
Length                               ( N)   : 188
Length estimation                     ( ^N)  : 150.439
Volume                               ( V)   : 971.946
Potential volume                     ( *V)  : 19.6515
Limit volume                         (**V)  : 38.2071
Programming level                    ( L)   : 0.0202187
Programming level estimation          ( ^L)  : 0.0207792
Intellect                            ( I)   : 20.1963
Time of programming                  ( T)   : 2670.65
Time estimation                      ( ^T)  : 2079.42
Programming language level           (lambda) : 0.397328
Work on programming                  ( E)   : 48071.6
Error                               ( B)   : 0.440695
Error estimation                     ( ^B)  : 0.323982
```

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Код программы на Си

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

void sort1(float* x, int n){
    float hold;
    for (int i = 0; i < n - 1; i++) {
        for (int j = i + 1; j < n; j++) {
            if (x[i] > x[j]) {
                hold = x[i];
                x[i] = x[j];
                x[j] = hold;
            }
        }
    }
}

void swap(float *a, float *b) {
    float hold = (*a);
    *a = (*b);
    *b = hold;
}

void sort2(float *x, int n){
    int no_change = 0;
    while(!no_change) {
        no_change = 1;
        for (int j=0; j < n-1; j++) {
            if (x[j] > x[j+1]) {
                swap(&x[j], &x[j+1]);
                no_change = 0;
            }
        }
    }
}

int main(){
    float x[1000];
    float y[1000];

    srand(time(NULL));
    for (int i=0; i <1000; i++) {
        x[i] = 1 + rand() % 999;
        y[i] = x[i];
    }
    sort1(x,1000);
    sort2(y,1000);
    return 0;
}
```



## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Результаты parser\_c.exe

Statistics for module Z:\output.lxm

=====

|                                   |   |     |
|-----------------------------------|---|-----|
| The number of different operators | : | 30  |
| The number of different operands  | : | 14  |
| The total number of operators     | : | 149 |
| The total number of operands      | : | 85  |

|                              |          |   |           |
|------------------------------|----------|---|-----------|
| Dictionary                   | ( D)     | : | 44        |
| Length                       | ( N)     | : | 234       |
| Length estimation            | ( ^N)    | : | 200.51    |
| Volume                       | ( V)     | : | 1277.51   |
| Potential volume             | ( *V)    | : | 19.6515   |
| Limit volume                 | (**V)    | : | 38.2071   |
| Programming level            | ( L)     | : | 0.0153827 |
| Programming level estimation | ( ^L)    | : | 0.0109804 |
| Intellect                    | ( I)     | : | 14.0275   |
| Time of programming          | ( T)     | : | 4613.8    |
| Time estimation              | ( ^T)    | : | 5538.5    |
| Programming language level   | (lambda) | : | 0.302293  |
| Work on programming          | ( E)     | : | 83048.4   |
| Error                        | ( B)     | : | 0.634502  |
| Error estimation             | ( ^B)    | : | 0.425836  |

Table:

=====

Operators:

|    |    |        |
|----|----|--------|
| 1  | 1  | !      |
| 2  | 1  | %      |
| 3  | 13 | ()     |
| 4  | 4  | +      |
| 5  | 4  | ++     |
| 6  | 6  | ,      |
| 7  | 2  | -      |
| 8  | 35 | ;      |
| 9  | 4  | <      |
| 10 | 15 | =      |
| 11 | 2  | >      |
| 12 | 13 | []     |
| 13 | 2  | &      |
| 14 | 4  | _*     |
| 15 | 2  | _[]    |
| 16 | 4  | _*     |
| 17 | 8  | float  |
| 18 | 4  | for    |
| 19 | 2  | if     |
| 20 | 8  | int    |
| 21 | 1  | main   |
| 22 | 1  | rand   |
| 23 | 1  | return |
| 24 | 2  | sort1  |
| 25 | 2  | sort2  |
| 26 | 1  | srand  |
| 27 | 2  | swap   |
| 28 | 1  | time   |
| 29 | 3  | void   |
| 30 | 1  | while  |

Operands:

|    |    |           |
|----|----|-----------|
| 1  | 6  | 0         |
| 2  | 7  | 1         |
| 3  | 5  | 1000      |
| 4  | 1  | 999       |
| 5  | 1  | NULL      |
| 6  | 3  | a         |
| 7  | 3  | b         |
| 8  | 5  | hold      |
| 9  | 13 | i         |
| 10 | 13 | j         |
| 11 | 5  | n         |
| 12 | 4  | no_change |
| 13 | 16 | x         |
| 14 | 3  | y         |

#### Summary:

```
=====
The number of different operators      : 30
The number of different operands      : 14
The total number of operators         : 149
The total number of operands         : 85

Dictionary          ( D) : 44
Length              ( N) : 234
Length estimation   ( ^N) : 200.51
Volume              ( V) : 1277.51
Potential volume    (*V) : 19.6515
Limit volume        (**V) : 38.2071
Programming level    ( L) : 0.0153827
Programming level estimation ( ^L) : 0.0109804
Intellect            ( I) : 14.0275
Time of programming  ( T) : 4613.8
Time estimation      ( ^T) : 5538.5
Programming language level (lambda) : 0.302293
Work on programming  ( E) : 83048.4
Error                ( B) : 0.634502
Error estimation     ( ^B) : 0.425836
```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Код программы на Ассемблер

```
sort1:
.LFB5:
    .cfi_startproc
    pushq %rbp
    .cfi_def_cfa_offset 16
    .cfi_offset 6, -16
    movq %rsp, %rbp
    .cfi_def_cfa_register 6
    movq %rdi, -24(%rbp)
    movl %esi, -28(%rbp)
    movl $0, -12(%rbp)
    jmp .L2

.L7:
    movl -12(%rbp), %eax
    addl $1, %eax
    movl %eax, -8(%rbp)
    jmp .L3

.L6:
    movl -12(%rbp), %eax
    cltq
    leaq 0(,%rax,4), %rdx
    movq -24(%rbp), %rax
    addq %rdx, %rax
    movss (%rax), %xmm0
    movl -8(%rbp), %eax
    cltq
    leaq 0(,%rax,4), %rdx
    movq -24(%rbp), %rax
    addq %rdx, %rax
    movss (%rax), %xmm1
    ucomiss %xmm1, %xmm0
    jbe .L4
    movl -12(%rbp), %eax
    cltq
    leaq 0(,%rax,4), %rdx
    movq -24(%rbp), %rax
    addq %rdx, %rax
    movss (%rax), %xmm0
    movss %xmm0, -4(%rbp)
    movl -8(%rbp), %eax
    cltq
    leaq 0(,%rax,4), %rdx
    movq -24(%rbp), %rax
    addq %rax, %rdx
    movl -12(%rbp), %eax
    cltq
    leaq 0(,%rax,4), %rcx
    movq -24(%rbp), %rax
    addq %rcx, %rax
    movss (%rdx), %xmm0
    movss %xmm0, (%rax)
    movl -8(%rbp), %eax
    cltq
    leaq 0(,%rax,4), %rdx
    movq -24(%rbp), %rax
    addq %rdx, %rax
    movss -4(%rbp), %xmm0
    movss %xmm0, (%rax)
```

```

.L4:
    addl    $1, -8(%rbp)
.L3:
    movl    -8(%rbp), %eax
    cmpl    -28(%rbp), %eax
    jl      .L6
    addl    $1, -12(%rbp)
.L2:
    movl    -28(%rbp), %eax
    subl    $1, %eax
    cmpl    %eax, -12(%rbp)
    jl      .L7
    nop
    popq    %rbp
    .cfi_def_cfa 7, 8
    ret
    .cfi_endproc
.LFE5:
    .size sort1, .-sort1
    .globl   swap
    .type swap, @function
swap:
.LFB6:
    .cfi_startproc
    pushq   %rbp
    .cfi_def_cfa_offset 16
    .cfi_offset 6, -16
    movq    %rsp, %rbp
    .cfi_def_cfa_register 6
    movq    %rdi, -24(%rbp)
    movq    %rsi, -32(%rbp)
    movq    -24(%rbp), %rax
    movss   (%rax), %xmm0
    movss   %xmm0, -4(%rbp)
    movq    -32(%rbp), %rax
    movss   (%rax), %xmm0
    movq    -24(%rbp), %rax
    movss   %xmm0, (%rax)
    movq    -32(%rbp), %rax
    movss   -4(%rbp), %xmm0
    movss   %xmm0, (%rax)
    nop
    popq    %rbp
    .cfi_def_cfa 7, 8
    ret
    .cfi_endproc
.LFE6:
    .size swap, .-swap
    .globl   sort2
    .type sort2, @function
sort2:
.LFB7:
    .cfi_startproc
    pushq   %rbp
    .cfi_def_cfa_offset 16
    .cfi_offset 6, -16
    movq    %rsp, %rbp
    .cfi_def_cfa_register 6
    subq    $32, %rsp
    movq    %rdi, -24(%rbp)
    movl    %esi, -28(%rbp)
    movl    $0, -8(%rbp)

```

```

        jmp     .L11
.L16:   movl    $1, -8(%rbp)
        movl    $0, -4(%rbp)
        jmp     .L12
.L15:   movl    -4(%rbp), %eax
        cltq
        leaq    0(,%rax,4), %rdx
        movq    -24(%rbp), %rax
        addq    %rdx, %rax
        movss   (%rax), %xmm0
        movl    -4(%rbp), %eax
        cltq
        addq    $1, %rax
        leaq    0(,%rax,4), %rdx
        movq    -24(%rbp), %rax
        addq    %rdx, %rax
        movss   (%rax), %xmm1
        ucomiss %xmm1, %xmm0
        jbe     .L13
        movl    -4(%rbp), %eax
        cltq
        addq    $1, %rax
        leaq    0(,%rax,4), %rdx
        movq    -24(%rbp), %rax
        addq    %rax, %rdx
        movl    -4(%rbp), %eax
        cltq
        leaq    0(,%rax,4), %rcx
        movq    -24(%rbp), %rax
        addq    %rcx, %rax
        movq    %rdx, %rsi
        movq    %rax, %rdi
        call    swap
        movl    $0, -8(%rbp)
.L13:   addl    $1, -4(%rbp)
.L12:   movl    -28(%rbp), %eax
        subl    $1, %eax
        cmpl    %eax, -4(%rbp)
        jl      .L15
.L11:   cmpl    $0, -8(%rbp)
        je      .L16
        nop
        leave
        .cfi_def_cfa 7, 8
        ret
        .cfi_endproc
.LFE7:
        .size sort2, .-sort2
        .globl   main
        .type main, @function
main:
.LFB8:
        .cfi_startproc
        pushq   %rbp
        .cfi_def_cfa_offset 16
        .cfi_offset 6, -16
        movq    %rsp, %rbp

```

```

.cfi_def_cfa_register 6
subq $8032, %rsp
movq %fs:40, %rax
movq %rax, -8(%rbp)
xorl %eax, %eax
movl $0, %edi
call time@PLT
movl %eax, %edi
call srand@PLT
movl $0, -8020(%rbp)
jmp .L19
.L20:
call rand@PLT
movl %eax, %ecx
movl $-2093742815, %edx
movl %ecx, %eax
imull %edx
leal (%rdx,%rcx), %eax
sarl $9, %eax
movl %eax, %edx
movl %ecx, %eax
sarl $31, %eax
subl %eax, %edx
movl %edx, %eax
imull $999, %eax, %eax
subl %eax, %ecx
movl %ecx, %eax
addl $1, %eax
cvtsi2ss %eax, %xmm0
movl -8020(%rbp), %eax
cltq
movss %xmm0, -8016(%rbp,%rax,4)
movl -8020(%rbp), %eax
cltq
movss -8016(%rbp,%rax,4), %xmm0
movl -8020(%rbp), %eax
cltq
movss %xmm0, -4016(%rbp,%rax,4)
addl $1, -8020(%rbp)
.L19:
cmpl $999, -8020(%rbp)
jle .L20
leaq -8016(%rbp), %rax
movl $1000, %esi
movq %rax, %rdi
call sort1
leaq -4016(%rbp), %rax
movl $1000, %esi
movq %rax, %rdi
call sort2
movl $0, %eax
movq -8(%rbp), %rsi
xorq %fs:40, %rsi
je .L22
call __stack_chk_fail@PLT
.L22:
leave
.cfi_def_cfa 7, 8
ret
.cfi_endproc

```