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. 8304 _____ Алтухов А.Д.

Преподаватель _____ Ефремов М.А.

Санкт-Петербург
2022

Цель работы.

Изучить метрические характеристики качества разработки программ на основе метрик Холстеда для программ на Pascal, C и ассемблере.

Ход выполнения.

Был выбран вариант 1 — численное интегрирование методом Симпсона. Исходный код представлен в Приложении А. Для этой программы был произведен вручную расчет операторов и операндов. Результат представлен в таблице 1.

Таблица 1. Ручной расчет операторов и операндов в программе на Pascal.

№	Оператор	Количество	№	Операнд	Количество
1	;	28	1	tol	2
2	:=	20	2	sum	7
3	()	22	3	upper	6
4	begin … end	5	4	lower	8
5	repeat … until	1	5	x	4
6	for ... to … do	1	6	fx	1
7	fx	8	7	dfx	1
8	dfx	2	8	i	2
9	simps	1	9	delta_x	7
10	abs	2	10	even_sum	4
11	and	1	11	odd_sum	7
12	+	9	12	end_sum	3
13	-	8	13	end_cor	2
14	*	11	14	sum1	3

15	/	7	15	pieces	6
16	div	1	16	1.0E-6	1
17	<>	1	17	2	7
18	<=	1	18	0	2
19	function fx	1	19	4	1
20	function dfx	1	20	3	1
21	procedure simps	1	21	1	3
22	exp	2	22	7	1
			23	9	1
			24	14	1
			25	15	1
			26	16	1

Далее был произведен расчет измеримых характеристик этой программы. Полученный результат представлен в таблице 2.

Таблица 2. Ручное определение измеримых характеристик программы на Pascal.

Характеристика	Формула	Значение
Число уникальных операторов	η_1	22
Число уникальных операндов	η_2	26
Число всех операторов	N_1	134
Число всех операндов	N_2	83
Словарь программы	$\eta_1 = \eta_1 + \eta_2$	48

Длина программы	$N = N_1 + N_2$	217

Далее были произведены расчеты для получения расчетных характеристик. Результаты представлены в таблице 3. Для расчетов значение коэффициента Стауда S принято 10, значение η_2^* принято 4, так как процедура simps принимает 4 параметра, из которых в один записывается возвращаемое значение.

Таблица 3. Ручное определение расчетных характеристик программы на Pascal.

Характеристика	Формула	Значение
Теоретическая оценка длины программы	$\check{N}=\eta_1\log_2\eta_1+\eta_2\log_2\eta_2$	220,32
Реальный объём	$V = N \log_2\eta_2$	1020
Потенциальный объём	$V^*=(2+\eta_2^*)\log_2(2+\eta_2^*)$	15,51
Уровень программы	$L=V^*/V$	0,015
Интеллектуальное содержание программы	$I=2\eta_2/(\eta_1 N_2)(N_1+N_2)\log_2(\eta_1+\eta_2)$	34,51
Работа программиста	$E=V/L$	68000
Время программирования	$T=E/S$	6800
Уровень языка	$\lambda = LV^*$	0,233
Ожидаемое число ошибок	$B=(V^*)^2/(1000\lambda)$	1,03

С помощью программы автоматизации расчета метрик Холстеда были подсчитаны операторы и операнды в программе на Pascal, определены измеримые характеристики программы на Pascal, определены расчетные характеристики программы на Pascal.

Таблица 4. Программный расчет операторов и операндов в программе на Pascal.

№	Оператор	Количество	№	Операнд	Количество
1	()	23	1	0	2
2	*	11	2	1	3
3	+	9	3	1.0E-6	1
4	-	8	4	14	1
5	/	8	5	15	1
6	;	44	6	16	1
7	<=	1	7	2	7
8	<>	1	8	3	1
9	=	20	9	4	1
10	abs	2	10	7	1
11	and	1	11	9	1
12	const	1	12	delta_x	8
13	dfx	3	13	dfx	1
14	exp	2	14	end_cor	3
15	for	1	15	end_sum	4
16	fx	5	16	even_sum	5
17	program	1	17	fx	1

18	real	2	18	i	2
19	repeat	1	19	lower	10
20	simps	2	20	odd_sum	8
			21	pieces	7
			22	simp1	1
			23	sum	9
			24	sum1	4
			25	tol	4
			26	upper	8
			27	x	7

Таблица 5. Программное определение измеримых характеристик программы на Pascal.

Характеристика	Формула	Значение
Число уникальных операторов	η_1	20
Число уникальных операндов	η_2	27
Число всех операторов	N_1	146
Число всех операндов	N_2	102
Словарь программы	$\eta_1 = \eta_1 + \eta_2$	47
Длина программы	$N = N_1 + N_2$	248

Таблица 6. Программное определение расчетных характеристик программы на Pascal.

Характеристика	Формула	Значение

Теоретическая оценка длины программы	$\check{N}=\eta_1\log_2\eta_1+\eta_2\log_2\eta_2$	214.821
Реальный объём	$V = N \log_2\eta_2$	1377,54
Потенциальный объём	$V^*=(2+\eta_2^*)\log_2(2+\eta_2^*)$	15,51
Уровень программы	$L=V^*/V$	0.011
Интеллектуальное содержание программы	$I=2\eta_2/(\eta_1 N_2)(N_1+N_2)\log_2(\eta_1+\eta_2)$	36,46
Работа программиста	$E=V/L$	122349
Время программирования	$T=E/S$	12234,9
Уровень языка	$\lambda = LV^*$	0,175
Ожидаемое число ошибок	$B=(V^*)^2/(1000\lambda)$	0,82

На основе программы на языке Pascal была написана аналогичная программа на языке C.

Результат работы программы на C представлен в приложении Б. Код программы представлен в приложении В. Для этой программы был произведен ручной расчет операторов и операндов. Результат представлен в таблице 7.

Таблица 7. Ручной расчет операторов и операндов в программе на C.

№	Оператор	Количество	№	Операнд	Количество
1	;	27	1	tol	2
2	=	19	2	sum	8

3	()	22	3	upper	6
4	{}	6	4	lower	8
5	+	9	5	x	4
6	-	8	6	i	2
7	*	17	7	delta_x	7
8	/	8	8	even_sum	4
9	++	1	9	odd_sum	7
10	&	1	10	end_sum	3
11	&&	1	11	end_cor	2
12	<=	2	12	sum1	3
13	!=	1	13	pieces	6
14	fx	4	14	1.0E-6	1
15	dfx	2	15	2	7
16	exp	2	16	0	4
17	fabs	2	17	4	1
18	simps	1	18	3	1
19	do … while	1	19	1	3
20	for	1	20	7	1
21	return	3	21	9	1
22	double fx	1	22	14	1
23	double dfx	1	23	15	1
24	double simps	1	24	16	1
25	int main	1			

Далее был произведен расчет измеримых характеристик этой программы. Полученный результат представлен в таблице 8.

Таблица 8. Ручное определение измеримых характеристик программы на С.

Характеристика	Формула	Значение
Число уникальных операторов	η_1	25
Число уникальных операндов	η_2	24
Число всех операторов	N_1	142
Число всех операндов	N_2	84
Словарь программы	$\eta = \eta_1 + \eta_2$	49
Длина программы	$N = N_1 + N_2$	226

Далее были произведены расчеты для получения расчетных характеристик. Результаты представлены в таблице 9. Для расчетов значение коэффициента Стауда S принято 10, значение η_2^* принято 4, так как функция simps принимает 4 параметра, из которых в один записывается возвращаемое значение.

Таблица 9. Ручное определение расчетных характеристик программы на С.

Характеристика	Формула	Значение
Теоретическая оценка длины программы	$\check{N}=\eta_1\log_2\eta_1+\eta_2\log_2\eta_2$	226,14
Реальный объём	$V = N \log_2\eta$	1268,92
Потенциальный объём	$V^*=(2+\eta_2^*)\log_2(2+\eta_2^*)$	15,51

Уровень программы	$L=V^*/V$	0,012
Интеллектуальное содержание программы	$I=2\eta_2/(\eta_1 N_2)(N_1+N_2)\log_2(\eta_1+\eta_2)$	29
Работа программиста	$E=V/L$	105743,3
Время программирования	$T=E/S$	10574,33
Уровень языка	$\lambda = LV^*$	0,186
Ожидаемое число ошибок	$B=(V^*)^2/(1000\lambda)$	1,3

С помощью программы автоматизации расчета метрик Холстеда были подсчитаны операторы и операнды в программе на С, определены измеримые характеристики программы на С, определены расчетные характеристики программы на С. Результаты представлены в таблице 10, 11, 12.

Таблица 10. Программный расчет операторов и операндов в программе на С.

№	Оператор	Количество	№	Операнд	Количество
1	!=	1	1	0	4
2	&&	1	2	1	3
3	()	15	3	1.0E-6	1
4	*	11	4	14	1
5	+	9	5	15	1
6	++	1	6	16	1
7	,	6	7	2	7
8	-	5	8	3	1

9	/	8	9	4	1
10	;	30	10	7	1
11	<=	2	11	9	1
12	=	20	12	delta_x	7
13	_&	1	13	end_cor	2
14	_*	6	14	end_sum	3
15	_-	3	15	even_sum	4
16	__*	1	16	i	4
17	dfx	3	17	lower	9
18	dowhile	1	18	odd_sum	7
19	exp	2	19	pieces	6
20	fabs	2	20	sum	9
21	for	1	21	sum1	4
22	fx	5	22	tol	4
23	1	main	23	upper	7
24	return	3	24	x	7
25	simps	2			

Таблица 11. Программное определение измеримых характеристик программы на C.

Характеристика	Формула	Значение
Число уникальных операторов	η_1	25
Число уникальных операндов	η_2	24

Число всех операторов	N_1	140
Число всех операндов	N_2	95
Словарь программы	$\eta_1 = \eta_1 + \eta_2$	49
Длина программы	$N = N_1 + N_2$	235

Таблица 12. Программное определение расчетных характеристик программы на C.

Характеристика	Формула	Значение
Теоретическая оценка длины программы	$\check{N}=\eta_1\log_2\eta_1+\eta_2\log_2\eta_2$	226,136
Реальный объём	$V = N \log_2\eta$	1319,46
Потенциальный объём	$V^*=(2+\eta_2^*)\log_2(2+\eta_2^*)$	15,51
Уровень программы	$L=V^*/V$	0,012
Интеллектуальное содержание программы	$I=2\eta_2/(\eta_1 N_2)(N_1+N_2)\log_2(\eta_1+\eta_2)$	26,7
Работа программиста	$E=V/L$	112250
Время программирования	$T=E/S$	11225
Уровень языка	$\lambda = LV^*$	0.18
Ожидаемое число ошибок	$B=(V^*)^2/(1000\lambda)$	0.8

С помощью команды:

gcc -S C.c -masm=intel -fno-asynchronous-unwind-tables

Получен ассемблерный код этой программы. В полученном коде удалены комментарии и отладочные директивы. Ассемблерный код представлен в приложении Г. Для ассемблерной программы был произведен ручной расчет операторов и операндов. Результат представлен в таблице 13.

Таблица 13. Ручной расчет операторов и операндов в программе на ассемблере.

№	Оператор	Количество	№	Операнд	Количество
1	endbr64	4	1	rbp	8
2	push	4	2	rsp	8
3	mov	28	3	16	2
4	sub	5	4	QWORD PTR -8[rbp]	4
5	movsd	53	5	xmm0	91
6	movq	12	6	xmm1	38
7	xorpd	3	7	QWORD PTR .LC0[rip]	3
8	divsd	7	8	QWORD PTR .LC1[rip]	3
9	call exp@PLT	2	9	112	1
10	leave	4	10	QWORD PTR -72[rbp]	6
11	ret	4	11	QWORD PTR -80[rbp]	4
12	cvtsi2sd	3	12	QWORD PTR -88[rbp]	1
13	addsd	9	13	QWORD PTR -96[rbp]	6
14	call fx	4	14	DWORD PTR -64[rbp]	4
15	pxor	3	15	xmm2	8
16	call dfx	2	16	rdi	2

17	movapd	3	17	2	1
18	mulsd	9	18	QWORD PTR -40[rbp]	5
19	subsd	4	19	rax	24
20	sal	1	20	QWORD PTR -56[rbp]	4
21	jmp .L6	1	21	QWORD PTR -48[rbp]	2
22	add	3	22	QWORD PTR -104[rbp]	2
23	shr	1	23	QWORD PTR -32[rbp]	2
24	sar	1	24	xmm3	3
25	cmp	1	25	QWORD PTR -24[rbp]	2
26	jle .L7	1	26	QWORD PTR .LC3[rip]	1
27	ucomisd	2	27	QWORD PTR .LC4[rip]	1
28	jp .L11	1	28	QWORD PTR [rax]	4
29	je .L8	1	29	QWORD PTR -16[rbp]	4
30	andpd	2	30	DWORD PTR -60[rbp]	1
31	comisd	1	31	1	3
32	jnb .L10	1	32	eax	13
33	nop	1	33	QWORD PTR -8[rbp]	4
34	xor	2	34	edx	3
35	call simps	1	35	31	1
36	je .L14	1	36	QWORD PTR .LC5[rip]	1
			37	QWORD PTR .LC6[rip]	1
			38	QWORD PTR .LC7[rip]	1
			39	QWORD PTR .LC8[rip]	1
			40	QWORD PTR .LC9[rip]	1

			41	32	1
			42	QWORD PTR fs:40	2
			43	QWORD PTR .LC10[rip]	1
			44	QWORD PTR .LC11[rip]	1
			45	QWORD PTR .LC12[rip]	1
			46	-32[rbp]	3
			47	rdx	2
			48	0	1
			49	rcx	2

Далее был произведен расчет измеримых характеристик этой программы. Полученный результат представлен в таблице 14.

Таблица 14. Ручное определение измеримых характеристик программы на ассемблере.

Характеристика	Формула	Значение
Число уникальных операторов	η_1	36
Число уникальных операндов	η_2	49
Число всех операторов	N_1	185
Число всех операндов	N_2	288
Словарь программы	$\eta_1 = \eta_1 + \eta_2$	85
Длина программы	$N = N_1 + N_2$	473

Далее были произведены расчеты для получения расчетных характеристик. Результаты представлены в таблице 15. Для расчетов значение коэффициента Стауда S принято 10.

Таблица 15. Ручное определение расчетных характеристик программы на ассемблере.

Характеристика	Формула	Значение
Теоретическая оценка длины программы	$\check{N}=\eta_1\log_2\eta_1+\eta_2\log_2\eta_2$	461,24
Реальный объём	$V = N \log_2\eta$	3031,64
Потенциальный объём	$V^*=(2+\eta_2^*)\log_2(2+\eta_2^*)$	15,51
Уровень программы	$L=V^*/V$	0,005
Интеллектуальное содержание программы	$I=2\eta_2/(\eta_1 N_2)(N_1+N_2)\log_2(\eta_1+\eta_2)$	28,66
Работа программиста	$E=V/L$	606328
Время программирования	$T=E/S$	60632,8
Уровень языка	$\lambda = LV^*$	0,078
Ожидаемое число ошибок	$B=(V^*)^2/(1000\lambda)$	3,08

В таблице 16 приведена сводная характеристика расчётов для трёх языков (Паскаль, Си, Ассемблер):

Таблица 16 - Сводная таблица расчётов по трём языкам

Характеристика	**Паскаль**	**Си**	**Ассемблер**
Число уникальных операторов	22	25	36
Число уникальных	26	24	49

операндов			
Число всех операторов	134	142	185
Число всех операндов	83	84	288
Словарь программы	48	49	85
Длина программы	217	226	473
Теоретическая оценка длины программы	220,32	226,14	461,24
Реальный объём	1020	1268,92	3031,64
Потенциальный объём	15,51	15,51	15,51
Уровень программы	0,015	0,012	0,005
Интеллектуальное содержание программы	34,51	29	28,66
Работа программиста	68000	105743,3	606328
Время программирования	6800	10574,33	60632,8
Уровень языка	0,233	0,186	0,078
Ожидаемое число ошибок	1,03	1,3	3,08

Выводы.

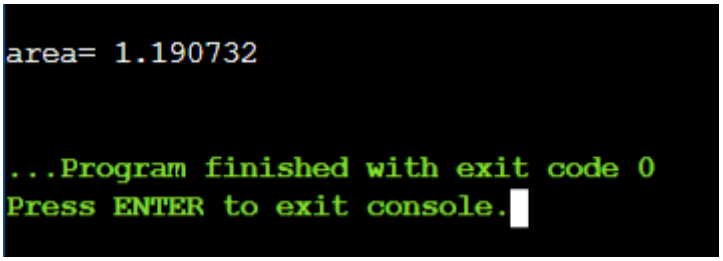
В ходе выполнения лабораторной работы были изучены метрические характеристики качества разработки программ на основе метрик Холстеда. В результате были вручную рассчитаны метрики Холстеда для программ на Pascal, C и ассемблере, аналогичные расчёты были произведены с помощью специальных программ автоматизации расчёта для языков Pascal и C. На основе полученных характеристик было установлено, что программа на ассемблере обладает гораздо большим объёмом и, следовательно, требует гораздо больше времени для написания, что также увеличивает число потенциальных ошибок в ней.

Приложение А.

```
program simp1;
{ integration by Simpson's method }
const   tol             = 1.0E-6;
var     sum,upper,lower     : real;

function fx(x: real): real;
begin
  fx := exp(-x / 2)
end;    { function fx }
function dfx(x: real): real;
begin
  dfx := -(exp(-x / 2)) / 2
end;    { function fx }

procedure simps(
                lower,upper,tol     : real;
                var sum             : real);
 { numerical integration by Simpson's rule }
{ function is fx, limits are lower and upper }
{ with number of regions equal to pieces }
{ partition is delta_x, answer is sum }

var     i               : integer;
        x,delta_x,even_sum,
        odd_sum,end_sum,
        end_cor,sum1 : real;
        pieces          : integer;

begin
  pieces := 2;
  delta_x := (upper-lower) / pieces;
  odd_sum := fx(lower+delta_x);
```

```
  even_sum := 0;
  end_sum := fx(lower)+fx(upper);
  end_cor := dfx(lower)-dfx(upper);
  sum := (end_sum+4*odd_sum)*delta_x / 3;
  repeat
    pieces := pieces*2;
    sum1 := sum;
    delta_x := (upper-lower) / pieces;
    even_sum := even_sum+odd_sum;
    odd_sum := 0;
    for i := 1 to pieces div 2 do
      begin
          x := lower+delta_x*(2*i-1);
          odd_sum := odd_sum+fx(x)
      end;
    sum := (7*end_sum+14*even_sum+16*odd_sum
                                    +end_cor*delta_x)*delta_x / 15;
  until (sum<>sum1) and (abs(sum-sum1)<=abs(tol*sum))
end;     { simps }
begin              { main program }
  lower := 1;
  upper := 9;
  simps(lower,upper,tol,sum);
end.
```

Приложение Б.



Приложение В.

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

const double tol = 1.0E-6;

double fx(double x) {
   return exp(-x / 2);
}

double dfx(double x) {
   return -(exp(-x / 2)) / 2;
}

double simps(double lower, double upper, double tol, double* sum) {
   int pieces=2;
   double delta_x=(upper-lower) / pieces;
   double odd_sum = fx(lower+delta_x);
   double even_sum =0;
   double end_sum =fx(lower)+fx(upper);
   double end_cor =dfx(lower)-dfx(upper);
   *sum=(end_sum+4*odd_sum)*delta_x / 3;

   double sum1;
   double x;

   do
   {
      pieces=pieces*2;
```

```
        sum1=*sum;
        delta_x=(upper-lower) / pieces;
        even_sum=even_sum+odd_sum;
        odd_sum=0;
        for (int i=1; i <= pieces / 2; i++) {

                x=lower+delta_x*(2*i-1);
                odd_sum=odd_sum+fx(x);

        }
        *sum=(7*end_sum+14*even_sum+16*odd_sum+end_cor*delta_x)*delta_x /
15;
   } while ( (*sum != sum1) && (fabs(*sum-sum1) <= fabs(tol*(*sum))) );
}
int main()
{
   double lower=1;
   double upper=9;
   double sum = 0;
   simps(lower,upper,tol,&sum);
   return 0;
}
```

Приложение Г.

```
fx:
        endbr64
        push    rbp
        mov     rbp, rsp
        sub     rsp, 16
        movsd   QWORD PTR -8[rbp], xmm0
        movsd   xmm0, QWORD PTR -8[rbp]
        movq    xmm1, QWORD PTR .LC0[rip]
        xorpd   xmm0, xmm1
        movsd   xmm1, QWORD PTR .LC1[rip]
        divsd   xmm0, xmm1
        call    exp@PLT
        leave
        ret
        .size   fx, .-fx
        .globl  dfx
        .type   dfx, @function
dfx:
        endbr64
        push    rbp
        mov     rbp, rsp
        sub     rsp, 16
        movsd   QWORD PTR -8[rbp], xmm0
        movsd   xmm0, QWORD PTR -8[rbp]
        movq    xmm1, QWORD PTR .LC0[rip]
        xorpd   xmm0, xmm1
        movsd   xmm1, QWORD PTR .LC1[rip]
        divsd   xmm0, xmm1
```

```
        call    exp@PLT
        movq    xmm1, QWORD PTR .LC0[rip]
        xorpd   xmm0, xmm1
        movsd   xmm1, QWORD PTR .LC1[rip]
        divsd   xmm0, xmm1
        leave
        ret
        .size   dfx, .-dfx
        .globl  simps
        .type   simps, @function
simps:
        endbr64
        push    rbp
        mov     rbp, rsp
        sub     rsp, 112
        movsd   QWORD PTR -72[rbp], xmm0
        movsd   QWORD PTR -80[rbp], xmm1
        movsd   QWORD PTR -88[rbp], xmm2
        mov     QWORD PTR -96[rbp], rdi
        mov     DWORD PTR -64[rbp], 2
        movsd   xmm0, QWORD PTR -80[rbp]
        subsd   xmm0, QWORD PTR -72[rbp]
        cvtsi2sd        xmm1, DWORD PTR -64[rbp]
        divsd   xmm0, xmm1
        movsd   QWORD PTR -40[rbp], xmm0
        movsd   xmm0, QWORD PTR -72[rbp]
        addsd   xmm0, QWORD PTR -40[rbp]
        call    fx
        movq    rax, xmm0
        mov     QWORD PTR -56[rbp], rax
```

```
pxor    xmm0, xmm0
movsd   QWORD PTR -48[rbp], xmm0
mov     rax, QWORD PTR -72[rbp]
movq    xmm0, rax
call    fx
movsd   QWORD PTR -104[rbp], xmm0
mov     rax, QWORD PTR -80[rbp]
movq    xmm0, rax
call    fx
addsd   xmm0, QWORD PTR -104[rbp]
movsd   QWORD PTR -32[rbp], xmm0
mov     rax, QWORD PTR -72[rbp]
movq    xmm0, rax
call    dfx
movsd   QWORD PTR -104[rbp], xmm0
mov     rax, QWORD PTR -80[rbp]
movq    xmm0, rax
call    dfx
movsd   xmm3, QWORD PTR -104[rbp]
subsd   xmm3, xmm0
movapd  xmm0, xmm3
movsd   QWORD PTR -24[rbp], xmm0
movsd   xmm1, QWORD PTR -56[rbp]
movsd   xmm0, QWORD PTR .LC3[rip]
mulsd   xmm0, xmm1
addsd   xmm0, QWORD PTR -32[rbp]
mulsd   xmm0, QWORD PTR -40[rbp]
movsd   xmm1, QWORD PTR .LC4[rip]
divsd   xmm0, xmm1
mov     rax, QWORD PTR -96[rbp]
```

```
        movsd   QWORD PTR [rax], xmm0
.L10:
        sal     DWORD PTR -64[rbp]
        mov     rax, QWORD PTR -96[rbp]
        movsd   xmm0, QWORD PTR [rax]
        movsd   QWORD PTR -16[rbp], xmm0
        movsd   xmm0, QWORD PTR -80[rbp]
        subsd   xmm0, QWORD PTR -72[rbp]
        cvtsi2sd        xmm1, DWORD PTR -64[rbp]
        divsd   xmm0, xmm1
        movsd   QWORD PTR -40[rbp], xmm0
        movsd   xmm0, QWORD PTR -48[rbp]
        addsd   xmm0, QWORD PTR -56[rbp]
        movsd   QWORD PTR -48[rbp], xmm0
        pxor    xmm0, xmm0
        movsd   QWORD PTR -56[rbp], xmm0
        mov     DWORD PTR -60[rbp], 1
        jmp     .L6
.L7:
        mov     eax, DWORD PTR -60[rbp]
        add     eax, eax
        sub     eax, 1
        cvtsi2sd        xmm0, eax
        mulsd   xmm0, QWORD PTR -40[rbp]
        movsd   xmm1, QWORD PTR -72[rbp]
        addsd   xmm0, xmm1
        movsd   QWORD PTR -8[rbp], xmm0
        mov     rax, QWORD PTR -8[rbp]
        movq    xmm0, rax
        call    fx
```

```
        movsd   xmm1, QWORD PTR -56[rbp]
        addsd   xmm0, xmm1
        movsd   QWORD PTR -56[rbp], xmm0
        add     DWORD PTR -60[rbp], 1
.L6:
        mov     eax, DWORD PTR -64[rbp]
        mov     edx, eax
        shr     edx, 31
        add     eax, edx
        sar     eax
        cmp     DWORD PTR -60[rbp], eax
        jle     .L7
        movsd   xmm1, QWORD PTR -32[rbp]
        movsd   xmm0, QWORD PTR .LC5[rip]
        mulsd   xmm1, xmm0
        movsd   xmm2, QWORD PTR -48[rbp]
        movsd   xmm0, QWORD PTR .LC6[rip]
        mulsd   xmm0, xmm2
        addsd   xmm1, xmm0
        movsd   xmm2, QWORD PTR -56[rbp]
        movsd   xmm0, QWORD PTR .LC7[rip]
        mulsd   xmm0, xmm2
        addsd   xmm1, xmm0
        movsd   xmm0, QWORD PTR -24[rbp]
        mulsd   xmm0, QWORD PTR -40[rbp]
        addsd   xmm0, xmm1
        mulsd   xmm0, QWORD PTR -40[rbp]
        movsd   xmm1, QWORD PTR .LC8[rip]
        divsd   xmm0, xmm1
        mov     rax, QWORD PTR -96[rbp]
```

```
        movsd   QWORD PTR [rax], xmm0
        mov     rax, QWORD PTR -96[rbp]
        movsd   xmm0, QWORD PTR [rax]
        ucomisd xmm0, QWORD PTR -16[rbp]
        jp      .L11
        ucomisd xmm0, QWORD PTR -16[rbp]
        je      .L8
.L11:
        mov     rax, QWORD PTR -96[rbp]
        movsd   xmm0, QWORD PTR [rax]
        subsd   xmm0, QWORD PTR -16[rbp]
        movq    xmm1, QWORD PTR .LC9[rip]
        andpd   xmm1, xmm0
        mov     rax, QWORD PTR -96[rbp]
        movsd   xmm0, QWORD PTR [rax]
        mulsd   xmm0, QWORD PTR -88[rbp]
        movq    xmm2, QWORD PTR .LC9[rip]
        andpd   xmm0, xmm2
        comisd  xmm0, xmm1
        jnb     .L10
.L8:
        nop
        leave
        ret
        .size   simps, .-simps
        .globl  main
        .type   main, @function
main:
        endbr64
        push    rbp
```

```
        mov     rbp, rsp
        sub     rsp, 32
        mov     rax, QWORD PTR fs:40
        mov     QWORD PTR -8[rbp], rax
        xor     eax, eax
        movsd   xmm0, QWORD PTR .LC10[rip]
        movsd   QWORD PTR -24[rbp], xmm0
        movsd   xmm0, QWORD PTR .LC11[rip]
        movsd   QWORD PTR -16[rbp], xmm0
        pxor    xmm0, xmm0
        movsd   QWORD PTR -32[rbp], xmm0
        movsd   xmm1, QWORD PTR .LC12[rip]
        lea     rdx, -32[rbp]
        movsd   xmm0, QWORD PTR -16[rbp]
        mov     rax, QWORD PTR -24[rbp]
        mov     rdi, rdx
        movapd  xmm2, xmm1
        movapd  xmm1, xmm0
        movq    xmm0, rax
        call    simps
        mov     eax, 0
        mov     rcx, QWORD PTR -8[rbp]
        xor     rcx, QWORD PTR fs:40
        je      .L14
        call    __stack_chk_fail@PLT
.L14:
        leave
        ret
        .size   main, .-main
        .section        .rodata
```

```
.align 16
```