

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Лабораторная работа №4

Дисциплина: Основы профессиональной деятельности

Вариант №14201

Выполнил: Васильев Никита  
Алексеевич, студент группы Р3108

Преподаватель: Вербовой Александр  
Александрович

Санкт-Петербург 2024

## Текст задания

По выданному преподавателем варианту восстановить текст заданного варианта программы и подпрограммы (программного комплекса), определить предназначение и составить его описание, определить область представления и область допустимых значений исходных данных и результата, выполнить трассировку программного комплекса.

176: + 0200	184: EE0B	6F5: AC01
177: EE18	185: AE07	6F6: F001
178: AE16	186: 0740	6F7: F306
179: 0C00	187: 0C00	6F8: 7E08
17A: D6F5	188: D6F5	6F9: F804
17B: 0800	189: 0800	6FA: F003
17C: 0740	18A: 6E05	6FB: 4C01
17D: 6E12	18B: EE04	6FC: 4E05
17E: EE11	18C: 0100	6FD: CE01
17F: AE0E	18D: ZZZZ	6FE: AE02
180: 0C00	18E: YYY Y	6FF: EC01
181: D6F5	18F: XXXX	700: 0A00
182: 0800	190: 00D7	701: FC3B
183: 6E0C	-----	702: 00DA

## Текст исходной программы

Адрес	Код команды	Мнемоника	Описание	Комментарии
176	0200	CLA	Очистка аккумулятора: $0 \rightarrow AC$	Обнуление результата
177	EE18	ST (IP + 24)	Прямая относительная запись: $AC \rightarrow 190$	
178	AE16	LD (IP + 22)	Прямая относительная загрузка: $18F \rightarrow AC$	Выбор переменной X
179	0C00	PUSH	Положить на стек: $AC \rightarrow -(SP)$	Вызов функции F(X) Загрузка результата в аккумулятор
17A	D6F5	CALL 6F5	Вызов подпрограммы: $SP - 1 \rightarrow SP, IP \rightarrow SP, 6F5 \rightarrow IP$	
17B	0800	POP	Снятие со стека: $(SP)+ \rightarrow AC$	
17C	0740	DEC	Декремент: $AC - 1 \rightarrow AC$	
17D	6E12	SUB (IP + 18)	Прямое относительное вычитание: $AC - 190 \rightarrow AC$	Вычитание $F(X) - 1$ из результата $R = -(F(X) - 1)$
17E	EE11	ST (IP + 17)	Прямая относительная запись: $AC \rightarrow 190$	
17F	AE0E	LD (IP + 14)	Прямая относительная загрузка: $18E \rightarrow AC$	Выбор переменной Y
180	0C00	PUSH	Положить на стек: $AC \rightarrow -(SP)$	Вызов функции F(Y) Загрузка результата в аккумулятор
181	D6F5	CALL 6F5	Вызов подпрограммы: $SP - 1 \rightarrow SP, IP \rightarrow SP, 6F5 \rightarrow IP$	
182	0800	POP	Снятие со стека: $(SP)+ \rightarrow AC$	
183	6E0C	SUB (IP + 12)	Прямое относительное вычитание: $AC - 190 \rightarrow AC$	Вычитание $F(Y)$ из результата $R = -F(Y) - (F(X) - 1)$
184	EE0B	ST (IP + 11)	Прямая относительная запись: $AC \rightarrow 190$	

185	AE07	LD (IP + 7)	Прямая относительная загрузка: $AC \rightarrow 18D$	Выбор переменной $Z - 1$
186	0740	DEC	Декремент: $AC - 1 \rightarrow AC$	
187	0C00	PUSH	Положить на стек: $AC \rightarrow -(SP)$	Вызов функции $F(Z - 1)$ Загрузка результата в аккумулятор
188	D6F5	CALL 6F5	Вызов подпрограммы: $SP - 1 \rightarrow SP, IP \rightarrow SP, 6F5 \rightarrow IP$	
189	0800	POP	Снятие со стека: $(SP)+ \rightarrow AC$	
18A	6E05	SUB (IP + 5)	Прямое относительное вычитание: $AC - 190 \rightarrow AC$	Вычитание $F(Z - 1)$ из результата $R = F(Z - 1) - (F(Y) - (F(X) - 1))$
18B	EE04	ST (IP + 4)	Прямая относительная запись: $AC \rightarrow 190$	
18C	0100	HLT	Останов	
18D	ZZZZ	---	Переменная Z	Переменные
18E	YYYY	---	Переменная Y	
18F	XXXX	---	Переменная X	
190	00D7	---	Результат R	Результат

### Текст подпрограммы

Адрес	Код команды	Мнемоника	Описание	Комментарии
6F5	AC01	LD (SP + 1)	Косвенная относительная загрузка со смещением (SP)	Загрузка аргумента
6F6	F001	BEQ 1	Если равно ( $Z == 1$ ), переход в 6F8	Если аргумент равен 0, переход в 6F8
6F7	F306	BPL 6	Если плюс ( $N == 0$ ), переход в 6FE	Если аргумент положительный, переход в 6FE
6F8	7E08	CMP (IP + 8)	Установить флаги по результату: $AC - 701$	Если аргумент меньше A, переход в 6FE, если равен A, переход в 6FC
6F9	F804	BLT 4	Если меньше ( $N \oplus V == 1$ ), переход в 6FE	
6FA	F003	BEQ 1	Если равно ( $Z == 1$ ), переход в 6FC	
6FB	4C01	ADD (SP + 1)	Косвенное относительное сложение со смещением (SP): $AC + (SP + 1) \rightarrow AC$	Прибавление аргумента
6FC	4E05	ADD (IP + 5)	Прямое относительное сложение: $AC + 702 \rightarrow AC$	Сложение с B
6FD	CE01	JUMP (IP + 1)	Прямой относительный прыжок: $IP + 1 \rightarrow IP$	Переход в 6FF
6FE	AE02	LD (IP + 2)	Прямая относительная загрузка: $701 \rightarrow AC$	Загрузка A, если аргумент меньше A или положительный
6FF	EC01	ST (SP + 1)	Косвенная относительная запись со смещением (SP)	Сохранение результата
700	0A00	RET	Выход из подпрограммы	Возврат к основной программе
701	FC3B	---	Константа A = -965	Константы

702	00DA	---	Константа В = 218	
-----	------	-----	-------------------	--

## Описание программы

Формула:

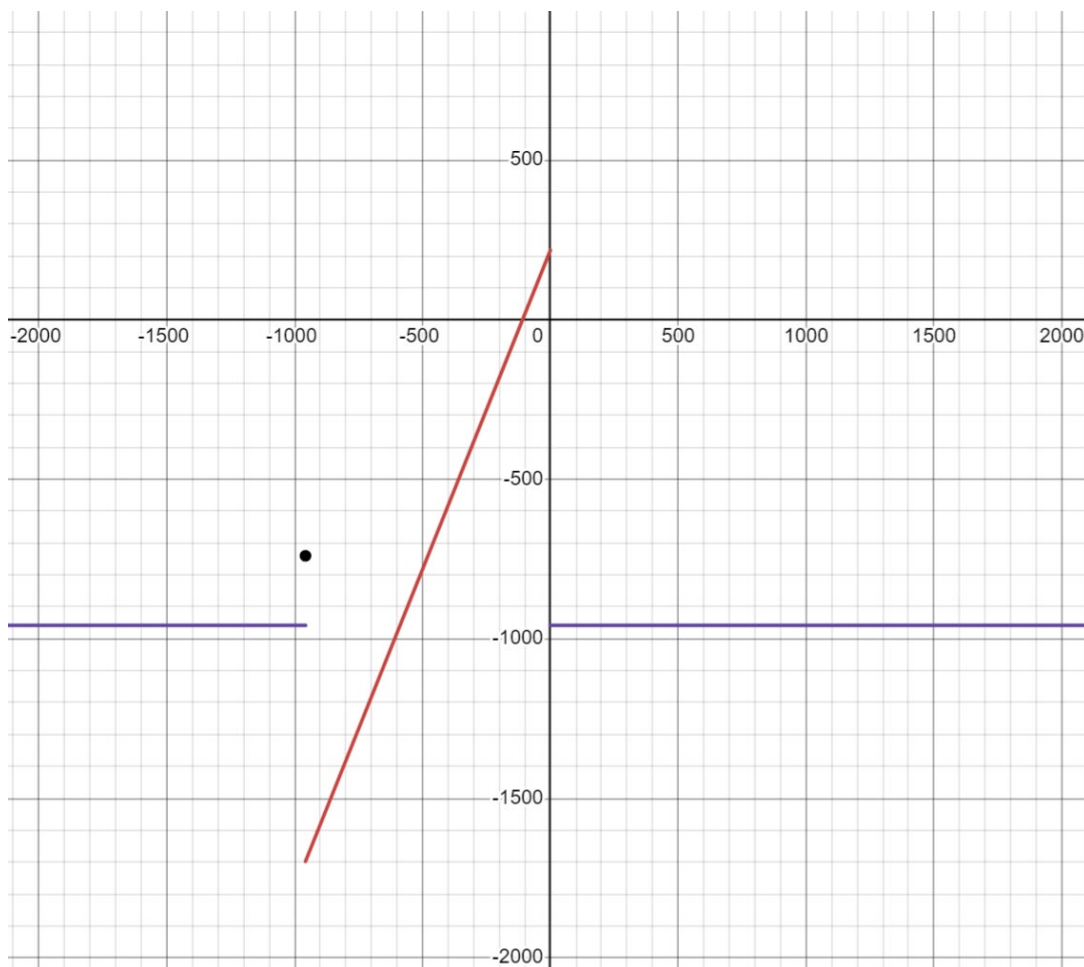
Программа находит значение функции:

$$R = F(Z - 1) - (F(Y) - (F(X) - 1))$$

$$R = F(Z - 1) - F(Y) + (F(X) - 1)$$

$$f(x) = \begin{cases} x + 218, & \text{при } x = -965 \\ -965, & \text{при } x > 0, x < -965 \\ 2x + 218, & \text{при } -965 < x \leq 0 \end{cases}$$

График:



Область представления и область допустимых значений

Область представления:

X, Y, Z, R, A, B – целые знаковые 16-ти разрядные числа.

Область допустимых значений:

Проанализируем функцию.

Для заданных констант:

При значении аргумента функции равного  $-965$ , функция вернет значение  $x + 218 = -965 + 218 = -747$ . Переполнение не произойдёт

При значении аргумента функции в диапазоне  $(-965; 0]$ , функция вернет значение  $2x + 218$ . Это монотонная возрастающая функция, поэтому рассмотрим минимальное и максимальное значение:

$$f_{min} = f(-963) = -1711$$

$$f_{max} = (0) = 215$$

Это означает, что на всем промежутке значений аргумента, результат функции будет находиться на отрезке  $[-1711; 215]$ .

Так как основная программа вычисляет следующее выражение:

$$R = F(Z - 1) - F(Y) + (F(X) - 1)$$

То максимально можно получить:  $216 + 1710 + 217 = 2143 < 2^{15}$ .

Минимально можно получить:  $-1710 - 965 - 1711 = -4386 > -2^{15} - 1$ . В обоих случаях переполнение не произойдет.

При оставшихся значениях аргумента функция вернёт значение  $-965$ , переполнение не произойдёт.

Тогда для заданных констант  $A$  и  $B$  ОДЗ следующее:

$$X, Y \in [-2^{15}; 2^{15} - 1]$$

$$Z \in [-2^{15} + 1; 2^{15} - 1]$$

$$R \in [-2^{15} + 1; 2^{15} - 1], \text{ для заданных } A \text{ и } B: [-4386; 2143]$$

В общем виде:

При значении аргумента функции равного  $A$ , функция вернет значение  $x + B = A + B$ .

Чтобы не произошло переполнение, необходимо, чтобы  $-2^{15} \leq A + B \leq 2^{15} - 1$

При значении аргумента функции в диапазоне  $(A; 0]$ , функция вернет значение  $2x + B$ . Это монотонная возрастающая функция, поэтому рассмотрим минимальное и максимальное значение:

$$f_{min} = f(A + 1) = 2(A + 1) + B$$

$$f_{max} = (0) = B$$

Это означает, что на всем промежутке значений аргумента, результат функции будет находиться на отрезке  $[2A+B; B]$ .

Так как основная программа вычисляет следующее выражение:

$$R = F(Z - 1) - F(Y) + (F(X) - 1)$$

То максимально можно получить:  $2(A + 1) + B - 1 + 2(A + 1) + B + A + B = 5A + 3B + 3$ .

Минимально можно получить:  $B - 1 - B + 2 = 1$ .

Чтобы не произошло переполнение, необходимо, чтобы  $-2^{15} \leq 5A + 3B + 4 \leq 2^{15} - 1$ .

При оставшихся значениях аргумента функция вернёт значение  $A$ , переполнение не произойдёт.

Расположение в памяти ЭВМ программы, исходных данных и результатов

176 – 18C – расположение команд основной программы, 6F5 – 700 – расположение команд подпрограммы;

18D – 18F – расположение переменных основной программы, 701 – 702 – расположение переменных подпрограммы;

190 – расположение результата.

Адреса первой и последней выполняемых команд

Основная программа:

176 – адрес первой выполняемой команды;

18C – адрес последней выполняемой команды.

Подпрограмма:

6F5 – адрес первой выполняемой команды;

700 – адрес последней выполняемой команды.

Таблица трассировки:

x=FEC7, y=A006, z=0000

Выполняемая команда		Содержимое регистров процессора								Ячейка, содержимое которой изменилось после выполнения команды	
Адрес	Код	IP	CR	AR	DR	SP	BR	AC	NZVC	Адрес	Новый код
176	0200	177	0200	176	0200	000	0176	0000	0100		
177	EE18	178	EE18	190	0000	000	0018	0000	0100	190	0000
178	AE16	179	AE16	18F	FEC7	000	0016	FEC7	1000		
179	0C00	17A	0C00	7FF	FEC7	7FF	0179	FEC7	1000	7FF	FEC7
17A	D6F5	6F5	D6F5	7FE	017B	7FE	D6F5	FEC7	1000	7FE	017B
6F5	AC01	6F6	AC01	7FF	FEC7	7FE	0001	FEC7	1000		
6F6	F001	6F7	F001	6F6	F001	7FE	06F6	FEC7	1000		
6F7	F306	6F8	F306	6F7	F306	7FE	06F7	FEC7	1000		
6F8	7E08	6F9	7E08	701	FC3B	7FE	0008	FEC7	0001		
6F9	F804	6FA	F804	6F9	F804	7FE	06F9	FEC7	0001		
6FA	F003	6FB	F003	6FA	F003	7FE	06FA	FEC7	0001		
6FB	4C01	6FC	4C01	7FF	FEC7	7FE	0001	FD8E	1001		
6FC	4E05	6FD	4E05	702	00DA	7FE	0005	FE68	1000		
6FD	CE01	6FF	CE01	6FD	06FF	7FE	0001	FE68	1000		
6FF	EC01	700	EC01	7FF	FE68	7FE	0001	FE68	1000	7FF	FE68
700	0A00	17B	0A00	7FE	017B	7FF	0700	FE68	1000		
17B	0800	17C	0800	7FF	FE68	000	017B	FE68	1000		
17C	0740	17D	0740	17C	0740	000	017C	FE67	1001		
17D	6E12	17E	6E12	190	0000	000	0012	FE67	1001		
17E	EE11	17F	EE11	190	FE67	000	0011	FE67	1001	190	FE67

17F	AE0E	180	AE0E	18E	A006	000	000E	A006	1001		
180	0C00	181	0C00	7FF	A006	7FF	0180	A006	1001	7FF	A006
181	D6F5	6F5	D6F5	7FE	0182	7FE	D6F5	A006	1001	7FE	0182
6F5	AC01	6F6	AC01	7FF	A006	7FE	0001	A006	1001		
6F6	F001	6F7	F001	6F6	F001	7FE	06F6	A006	1001		
6F7	F306	6F8	F306	6F7	F306	7FE	06F7	A006	1001		
6F8	7E08	6F9	7E08	701	FC3B	7FE	0008	A006	1000		
6F9	F804	6FE	F804	6F9	F804	7FE	0004	A006	1000		
6FE	AE02	6FF	AE02	701	FC3B	7FE	0002	FC3B	1000		
6FF	EC01	700	EC01	7FF	FC3B	7FE	0001	FC3B	1000	7FF	FC3B
700	0A00	182	0A00	7FE	0182	7FF	0700	FC3B	1000		
182	0800	183	0800	7FF	FC3B	000	0182	FC3B	1000		
183	6E0C	184	6E0C	190	FE67	000	000C	FDD4	1000		
184	EE0B	185	EE0B	190	FDD4	000	000B	FDD4	1000	190	FDD4
185	AE07	186	AE07	18D	0000	000	0007	0000	0100		
186	0740	187	0740	186	0740	000	0186	FFFF	1000		
187	0C00	188	0C00	7FF	FFFF	7FF	0187	FFFF	1000	7FF	FFFF
188	D6F5	6F5	D6F5	7FE	0189	7FE	D6F5	FFFF	1000	7FE	0189
6F5	AC01	6F6	AC01	7FF	FFFF	7FE	0001	FFFF	1000		
6F6	F001	6F7	F001	6F6	F001	7FE	06F6	FFFF	1000		
6F7	F306	6F8	F306	6F7	F306	7FE	06F7	FFFF	1000		
6F8	7E08	6F9	7E08	701	FC3B	7FE	0008	FFFF	0001		
6F9	F804	6FA	F804	6F9	F804	7FE	06F9	FFFF	0001		
6FA	F003	6FB	F003	6FA	F003	7FE	06FA	FFFF	0001		
6FB	4C01	6FC	4C01	7FF	FFFF	7FE	0001	FFFE	1001		
6FC	4E05	6FD	4E05	702	00DA	7FE	0005	00D8	0001		
6FD	CE01	6FF	CE01	6FD	06FF	7FE	0001	00D8	0001		
6FF	EC01	700	EC01	7FF	00D8	7FE	0001	00D8	0001	7FF	00D8
700	0A00	189	0A00	7FE	0189	7FF	0700	00D8	0001		
189	0800	18A	0800	7FF	00D8	000	0189	00D8	0001		
18A	6E05	18B	6E05	190	FDD4	000	0005	0304	0000		
18B	EE04	18C	EE04	190	0304	000	0004	0304	0000	190	0304
18C	0100	18D	0100	18C	0100	000	018C	0304	0000		

При значениях  $x=FEC7$ ,  $y=A006$ ,  $z=0000$  получаем результат  $R = (0304)_{16} = (772)_{10}$ .

$$R = F(-313) - 1 - F(-24570) + F(0 - 1) = -408 - 1 + 965 + 216 = 772$$

Вывод:

При выполнении данной лабораторной работы я познакомился с реализацией стека в БЭВМ, научился использовать подпрограммы и вызывать их, изучил команды POP, CALL, PUSH и RET.