

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

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА по ОПД №2

Вариант 6543

Студент:	Кулагин Вячеслав Дмитриевич
Преподаватель:	Саржевский Иван Анатольевич
Поток:	1.9

Санкт-Петербург
2023

Содержание

1	Задание	2
2	Процесс выполнения работы	3
2.1	Текст исходной программы в виде таблицы	3
2.2	Описание программы	3
2.3	Область представления и определения	3
2.3.1	Область представления	3
2.3.2	Область определения	3
2.4	Таблица трассировки	6
3	Новая программа	6
4	Вывод	6

1 Задание

По выданному преподавателем варианту определить функцию, вычисляемую программой, область представления и область допустимых значений исходных данных и результата, выполнить трассировку программы, предложить вариант с меньшим числом команд. При выполнении работы представлять результат и все операнды арифметических операций знаковыми числами, а логических операций набором из шестнадцати логических значений.

Исходные данные для варианта 6543:

142:	E14F
143:	0280
144:	E14F
145:	+ 0200
146:	0280
147:	2142
148:	214E
149:	E14F
14A:	A144
14B:	414F
14C:	E143
14D:	0100
14E:	2142
14F:	414F

2 Процесс выполнения работы

2.1 Текст исходной программы в виде таблицы

	Адрес	Код команды	Мнемоника	Комментарии
	142	E14F	—	Данные — переменная a
	143	0280	—	Данные — итоговый результат (b)
	144	E14F	—	Данные — переменная c
+	145	0200	CLA	$0 \rightarrow AC$ (Обнуление аккумулятора)
	146	0280	NOT	$\overline{AC} \rightarrow AC$ (Отрицание значения в аккумуляторе)
	147	2142	AND 142	$142 \& AC \rightarrow AC$ (& между аккумулятором и ячейкой 142)
	148	214E	AND 14E	$14E \& AC \rightarrow AC$ (& между аккумулятором и ячейкой 14E)
	149	E14F	ST 14F	$AC \rightarrow 14F$ (Перемещение из аккумулятора в ячейку 14F)
	14A	A144	LD 144	$144 \rightarrow AC$ (Перемещение из ячейки 144 в аккумулятор)
	14B	414F	ADD 14F	$14F + AC \rightarrow AC$ (Сложение ячейки 14F с аккумулятором)
	14C	E143	ST 143	$AC \rightarrow 143$ (Перемещение из аккумулятора в ячейку 143)
	14D	0100	HLT	Останов
	14E	2142	—	Данные — переменная d
	14F	414F	—	Данные — переменная e (временное хранение)

2.2 Описание программы

Общую формулу описанной программы можно записать так (исключив лишние переносы из ячейки в ячейку и аккумулятор):

$$c + (1 \& a \& d)$$

Однако она по сути может быть сокращена до:

$$c + (a \& d)$$

Результат выполнения записывается в ячейку 143

Таким образом, данные располагаются в ячейках: 142, 143, 144, 14E, 14F

А команды в ячейках: 145, 146, 147, 148, 149, 14A, 14B, 14C, 14D

Первой выполняется команда в ячейке 145, последней — в 14D

2.3 Область представления и определения

2.3.1 Область представления

Пусть $R = c + (a \& d)$

Тогда область представления выглядит следующим образом:

- R — знаковое, 16-ти разрядное число
- a, d — набор из 16-ти логических однобитовых значений
- c — знаковое, 16-ти разрядное
- при этом результат $(a \& d)$ является 16-ти разрядным числом

2.3.2 Область определения

Определим область определения. Для начала, замечу, что область итогового результата известная:

$$-2^{15} \leq R \leq 2^{15} - 1$$

Однако также однозначно сказать про каждую переменную невозможно, значение многих из них будут ограничены в зависимости от значений других переменных. Рассмотрим несколько случаев:

- Если $2^{14} \leq c \leq 2^{15} - 1$

Тогда мы можем использовать все отрицательные значения (a & d) и 0 (в 16-ти ричном представлении это все числа от 8000 до FFFF, а также 0). А если говорить на языке двоичных чисел, то это все числа, старший разряд которых равен единице.

Запишу это в систему:

$$\begin{cases} 2^{14} \leq c \leq 2^{15} - 1, \\ a_{15} = 1, d_{15} = 1, \\ a_i, d_i \in \{0, 1\}, \text{ где } 0 \leq i \leq 14. \end{cases}$$

- Если $-2^{15} \leq c \leq -2^{14} - 1$

Тогда мы можем использовать все положительные значения (a & d) и 0 (в 16-ти ричном представлении это все числа от 0 до 7FFF). А в двоичном – все те, у которых старший разряд – ноль (при этом не обязательно у обоих сразу).

Запишу это в систему:

$$\begin{cases} -2^{15} \leq c \leq -2^{14} - 1, \\ a_{15} \& d_{15} = 0, \\ a_i, d_i \in \{0, 1\}, \text{ где } 0 \leq i \leq 14. \end{cases}$$

- И, наконец, если $-2^{14} \leq c \leq 2^{14} - 1$

Тогда (a & d) может принимать все те же значения, что c. В 16-ти ричном представлении это означает, что все подходящие числа находятся в диапазоне от C000 до 3FFF. В двоичных числах это значит, что нам подходят все значения, которые начинаются на 00 или 11.

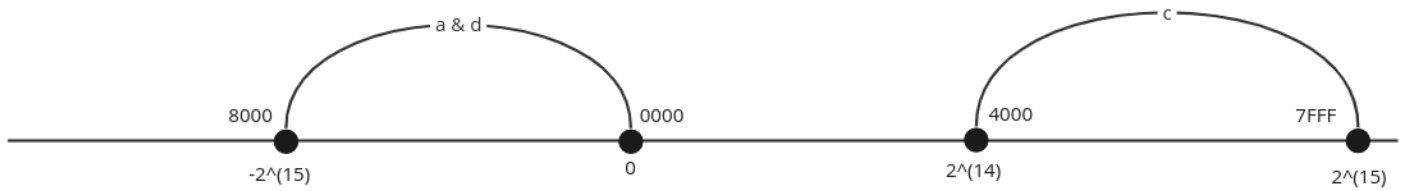
Запишу это в систему:

$$\begin{cases} -2^{14} \leq c \leq 2^{14} - 1, \\ a_{15} \oplus a_{14} = 0, \\ d_{15} \oplus d_{14} = 0, \\ a_i, d_i \in \{0, 1\}, \text{ где } 0 \leq i \leq 13. \end{cases}$$

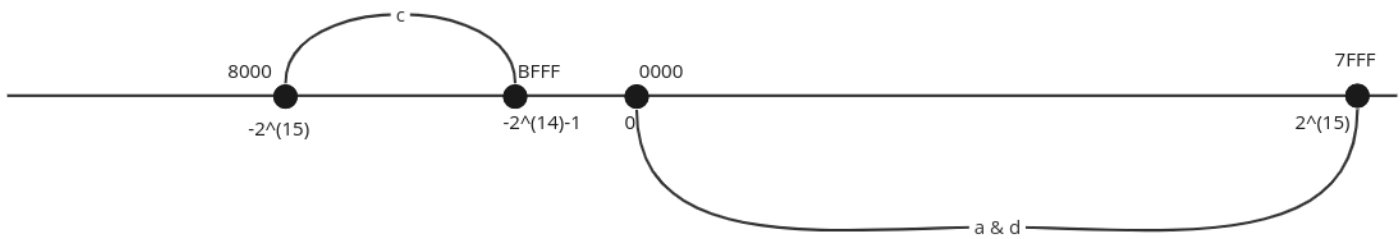
Запишу область определения целиком, объединив все описанные случаи:

$$\left[\begin{cases} 2^{14} \leq c \leq 2^{15} - 1, \\ a_{15} = 1, d_{15} = 1, \\ a_i, d_i \in \{0, 1\}, \text{ где } 0 \leq i \leq 14. \\ -2^{15} \leq c \leq -2^{14} - 1, \\ a_{15} \& d_{15} = 0, \\ a_i, d_i \in \{0, 1\}, \text{ где } 0 \leq i \leq 14. \\ -2^{14} \leq c \leq 2^{14} - 1, \\ a_{15} \oplus a_{14} = 0, \\ d_{15} \oplus d_{14} = 0, \\ a_i, d_i \in \{0, 1\}, \text{ где } 0 \leq i \leq 13. \end{cases} \right.$$

1 случай



2 случай



3 случай

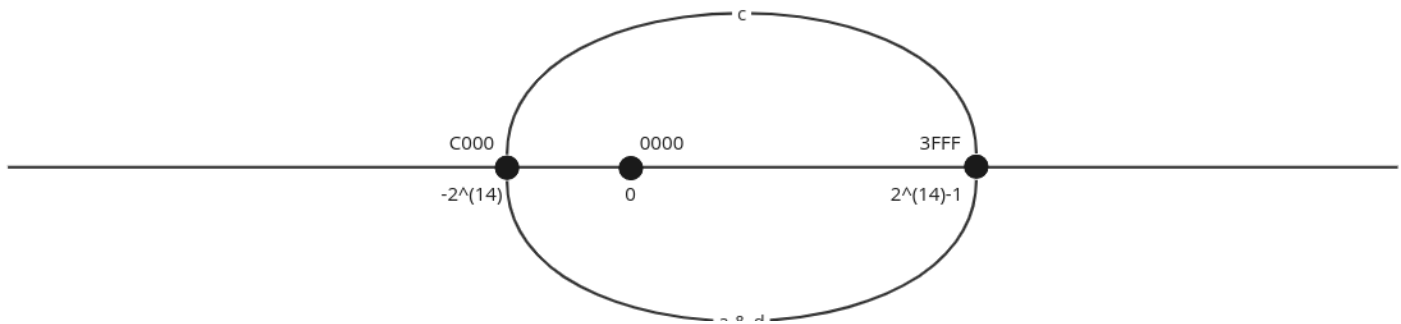


Рис. 1: Область определения на числовой оси

2.4 Таблица трассировки

Выполняемая команда		Содержание регистров после выполнения команды								Ячейка, содержание которой поменялось	
Адрес	Код	IP	CR	AR	DR	SP	BR	AC	N Z V C	Адрес	Новый код
145	200	146	0200	145	0200	000	0145	0000	- Z - -	-	-
146	280	147	0280	146	0280	000	0146	FFFF	N - - -	-	-
147	2142	148	2142	142	7FFF	000	0147	7FFF	- - - -	-	-
148	214E	149	214E	14E	7FFF	000	0148	7FFF	- - - -	-	-
149	E14F	14A	E14F	14F	7FFF	000	0149	7FFF	- - - -	14F	7FFF
14A	A144	14B	A144	144	BFFF	000	014A	BFFF	N - - -	-	-
14B	414F	14C	414F	14F	7FFF	000	014B	3FFE	- - - C	-	-
14C	E143	14D	E143	143	3FFE	000	014C	3FFE	- - - C	143	3FFE
14D	0100	14E	0100	14D	0100	000	014D	3FFE	- - - C	-	-

3 Новая программа

Возможно сократить программу до меньшего числа команд, она может выглядеть следующим образом:

Адрес	Код команды	Мнемоника	Комментарии
142	E14F	—	Данные — переменная а
143	0280	—	Данные — итоговый результат (b)
144	E14F	—	Данные — переменная с
+ 145	A142	LD 142	142 → AC (Перемещение из ячейки 142 в аккумулятор)
146	214A	AND 14A	14A & AC → AC (& между аккумулятором и ячейкой 14A)
147	4144	ADD 144	144 + AC → AC (Сложение ячейки 144 с аккумулятором)
148	E143	ST 143	AC → 143 (Перемещение из аккумулятора в ячейку 143)
149	0100	HLT	Останов
14A	2142	—	Данные — переменная d

4 Вывод

Проведя данную лабораторную работу, я выяснил, как работает БЭВМ, а также смог сократить исходную программу, поняв, что она делает, и какие значения способа принимать