

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования национальный исследовательский  
университет ИТМО**

**Факультет программной инженерии и компьютерной техники**

**Отчёт  
По лабораторной работе №2  
“Синтез помехоустойчивого кода”**

**Вариант №33**

**Студент:**

**Гафурова Фарангиз Фуркатовна**

**группа: Р3120**

**Преподаватель:**

**Болдырева Елена Александровна**

**Санкт-Петербург, 2023г**

# Оглавление

Оглавление.....	2
Задание .....	2
Основные этапы вычисления .....	4
Программное решение.....	8
Результат работы программы.....	10
Заключение .....	10
Источники.....	10

## Задание

### Порядок выполнения работы

1. Определить свой вариант задания с помощью номера в ISU (он же номер студенческого билета). Вариантом является комбинация 3-й и 5-й цифр. Т.е. если номер в ISU = 123456, то вариант = 35.
2. На основании номера варианта задания выбрать набор из 4 полученных сообщений в виде последовательности 7-символьного кода.
3. Построить схему декодирования классического кода Хэмминга (7;4), которую представить в отчёте в виде изображения.
4. Показать, исходя из выбранных вариантов сообщений (по 4 у каждого – часть №1 в варианте), имеются ли в принятом сообщении ошибки, и если имеются, то какие. Подробно прокомментировать и записать правильное сообщение.
5. На основании номера варианта задания выбрать 1 полученное сообщение в виде последовательности 11-символьного кода.
6. Построить схему декодирования классического кода Хэмминга (15;11), которую представить в отчёте в виде изображения.
7. Показать, исходя из выбранного варианта сообщений (по 1 у каждого – часть №2 в варианте), имеются ли в принятом сообщении ошибки, и если имеются, то какие. Подробно прокомментировать и записать правильное сообщение.
8. Сложить номера всех 5 вариантов заданий. Умножить полученное число на 4. Принять данное число как число информационных разрядов в передаваемом сообщении. Вычислить для данного числа минимальное число проверочных разрядов и коэффициент избыточности.
9. Необязательное задания для получения оценки «5» (позволяет набрать от 86 до 100 процентов от максимального числа баллов БаРС за данную лабораторную). Написать программу на любом языке программирования, которая на вход из командной строки получает набор из 7 цифр «0» и «1», записанных подряд, анализирует это сообщение на основе классического кода Хэмминга (7,4), а затем выдает правильное сообщение (только информационные биты) и указывает бит с ошибкой при его наличии.

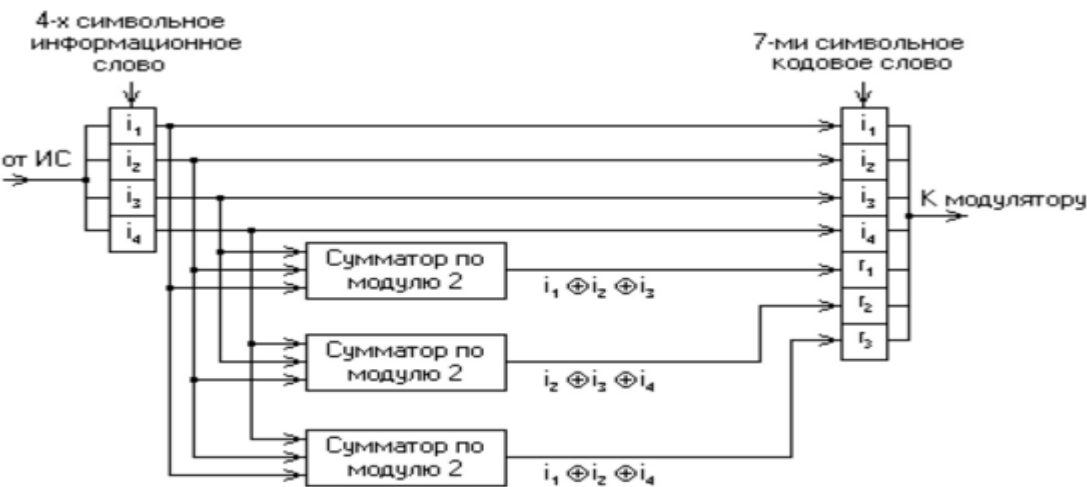
Вариант (33)

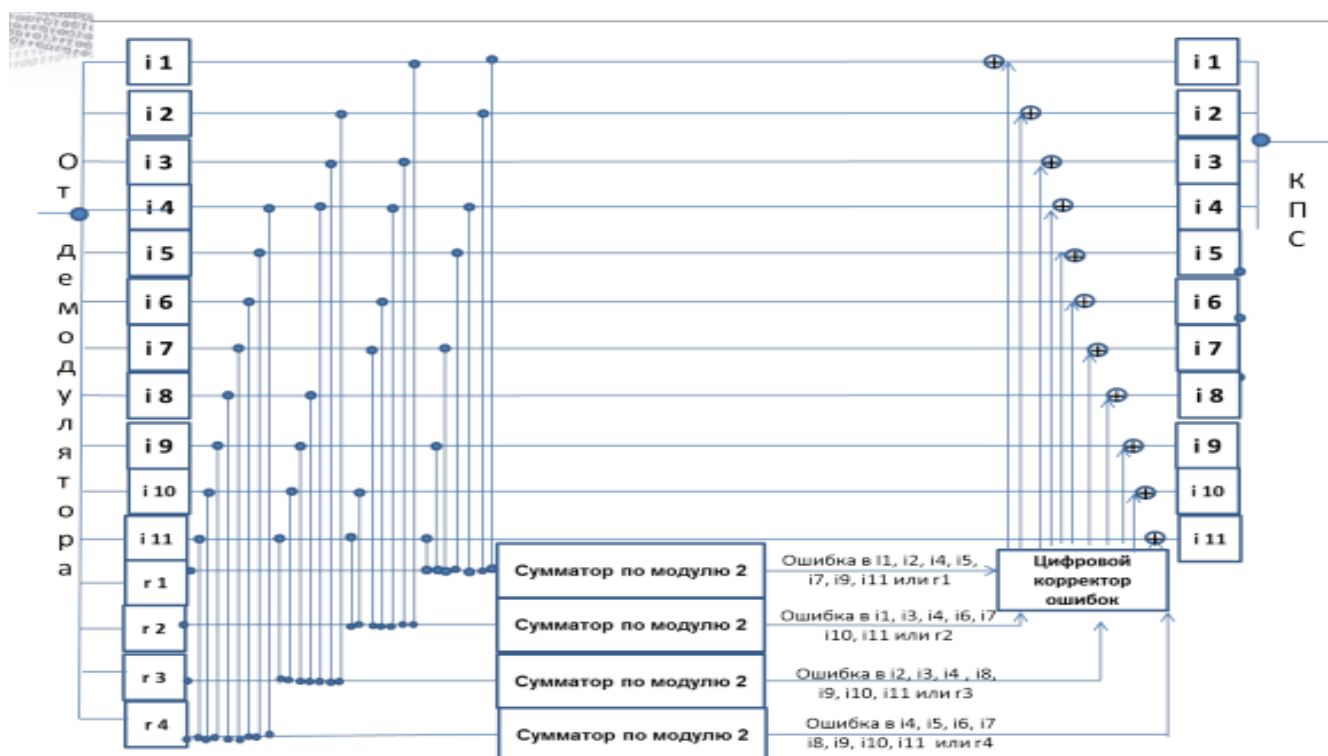
Вариант	1	2
---------	---	---

33					29		56			83		110			34	
ALT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	r1	r2	i1	r3	i2	i3	i4	r4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	i11	
ALT		1		2		3		4		5		6		7		
		r1		r2		i1		r3		i2		i3		i4		

1.	29	0	0	0	0	0	1	0
1	56	1	1	1	1	0	1	1
1	83	1	1	1	0	1	0	1
1	110	1	1	0	0	1	1	1

2.	34	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---





## №29

1	2	3	4	5	6	7
<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>i1</b>	<b>r3</b>	<b>i2</b>	<b>i3</b>	<b>i4</b>
0	0	0	0	0	1	0
		1		1		1
		2			2	2
				4	4	4

$$R1(1): 0 \oplus 0 \oplus 0 = \mathbf{0}$$

$$R2(2): 0 \oplus 1 \oplus 0 = \mathbf{1}$$

$$R3(4): 0 \oplus 1 \oplus 0 = \mathbf{1}$$

$$S_1(1) = r_1 \oplus i_1 \oplus i_2 \oplus i_4 = 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0$$

$$S_2(2) = r_2 \oplus i_1 \oplus i_3 \oplus i_4 = 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

$$S_3(4) = r_3 \oplus i_2 \oplus i_3 \oplus i_4 = 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

**Ответ:** Ошибка в бите  $i_3$ , в сообщении 6

1	2	3	4	5	6	7
<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>i1</b>	<b>r3</b>	<b>i2</b>	<b>i3</b>	<b>i4</b>
0	1	0	1	0	1	0
1		1		1		1
	2	2			2	2
			4	4	4	4

$$R1(1): 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 = \mathbf{0}$$

$$R2(2): 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = \mathbf{1}$$

$$R3(4): 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = \mathbf{1}$$

# №56

1	2	3	4	5	6	7
<b>r1</b>	<b>r2</b>	i1	<b>r3</b>	i2	i3	i4
1	1	1	1	0	1	1
		1		1		1
		2			2	2
				4	4	4

**R1(1):**  $1 \oplus 0 \oplus 1 = \mathbf{0}$

**R2(2):**  $1 \oplus 1 \oplus 1 = \mathbf{1}$

**R3(4):**  $0 \oplus 1 \oplus 1 = \mathbf{0}$

$S_1(1) = r_1 \oplus i_1 \oplus i_2 \oplus i_4 = 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = 1$

$S_2(2) = r_2 \oplus i_1 \oplus i_3 \oplus i_4 = 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 0$

$S_3(4) = r_3 \oplus i_2 \oplus i_3 \oplus i_4 = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 1$

**Ответ:** Ошибка в бите  $i_2$ , в сообщении 5

Правильный:

1	2	3	4	5	6	7
<b>r1</b>	<b>r2</b>	i1	<b>r3</b>	i2	i3	i4
1	0	1	1	0	1	1
1		1		1		1
	2	2			2	2
			4	4	4	4

**R1(1):**  $1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = \mathbf{1}$

$$R2(2): 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 0$$

$$R3(4): 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

## №83

1	2	3	4	5	6	7
<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>i1</b>	<b>r3</b>	<b>i2</b>	<b>i3</b>	<b>i4</b>
1	1	1	0	1	0	1
		1		1		1
		2			2	2
				4	4	4

$$R1(1): 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

$$R2(2): 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

$$R3(4): 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

$$S_1(1) = r_1 \oplus i_1 \oplus i_2 \oplus i_4 = 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 0$$

$$S_2(2) = r_2 \oplus i_1 \oplus i_3 \oplus i_4 = 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = 1$$

$$S_3(4) = r_3 \oplus i_2 \oplus i_3 \oplus i_4 = 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

**Ответ:** Ошибка в бите  $r_2$ , в сообщении 2

Правильный:

1	2	3	4	5	6	7
<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>i1</b>	<b>r3</b>	<b>i2</b>	<b>i3</b>	<b>i4</b>
0	0	0	0	1	1	0
1		1		1		1
	2	2			2	2



			4	4	4	4
--	--	--	---	---	---	---

$$R1(1): 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

$$R2(2): 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

$$R3(4): 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

## №110

1	2	3	4	5	6	7
<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>i1</b>	<b>r3</b>	<b>i2</b>	<b>i3</b>	<b>i4</b>
1	1	0	0	1	1	1
		1		1		1
		2			2	2
				4	4	4

$$R1(1): 0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$$

$$R2(2): 0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$$

$$R3(4): 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

$$S_1(1) = r_1 \oplus i_1 \oplus i_2 \oplus i_4 = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

$$S_2(2) = r_2 \oplus i_1 \oplus i_3 \oplus i_4 = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

$$S_3(4) = r_3 \oplus i_2 \oplus i_3 \oplus i_4 = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

**Ответ:** Ошибка в бите  $i_4$ , в сообщении 7

Правильный:

1	2	3	4	5	6	7
<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>i1</b>	<b>r3</b>	<b>i2</b>	<b>i3</b>	<b>i4</b>
1	1	0	1	1	1	1
1		1		1		1

	2	2			2	2
			4	4	4	4

$$R1(1): 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = \mathbf{1}$$

$$R2(2): 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = \mathbf{1}$$

$$R3(4): 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = \mathbf{1}$$

## Схема кода Хэмминга (15;11)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>r1</b>	<b>r2</b>	i1	<b>r3</b>	i2	i3	i4	<b>r4</b>	i5	i6	i7	i8	i9	i10	i11
0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
		1		1		1		1		1		1		1
		2			2	2			2	2			2	2
				4	4	4					4	4	4	4
								8	8	8	8	8	8	8

$$R1(1): 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 = \mathbf{0}$$

$$R2(2): 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = \mathbf{1}$$

$$R3(4): 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = \mathbf{0}$$

$$R4(8): 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = \mathbf{0}$$

$$S_1(1) = r_1 \oplus i_1 \oplus i_2 \oplus i_4 \oplus i_5 \oplus i_7 \oplus i_9 \oplus i_{11} = 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0$$

$$S_2(2) = r_2 \oplus i_1 \oplus i_3 \oplus i_4 \oplus i_6 \oplus i_7 \oplus i_{10} \oplus i_{11} = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

$$S_3(4) = r_3 \oplus i_2 \oplus i_3 \oplus i_4 \oplus i_8 \oplus i_9 \oplus i_{10} \oplus i_{11} = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

$$S_4(8) = r_4 \oplus i_5 \oplus i_6 \oplus i_7 \oplus i_8 \oplus i_9 \oplus i_{10} \oplus i_{11} = 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

**Ответ:** Ошибка в бите  $r_3$ , в сообщении 4

Правильный:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>i1</b>	<b>r3</b>	<b>i2</b>	<b>i3</b>	<b>i4</b>	<b>r4</b>	<b>i5</b>	<b>i6</b>	<b>i7</b>	<b>i8</b>	<b>i9</b>	<b>i10</b>	<b>i11</b>
0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
1		1		1		1		1		1		1		1
	2	2			2	2			2	2			2	2
			4	4	4	4					4	4	4	4
							8	8	8	8	8	8	8	8

**R1(1):**  $0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0$

**R2(2):**  $1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0$

**R3(4):**  $1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$

**R4(8):**  $0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0$

## Информационный разряд

$$29+56+83+110+34=312$$

$$312 * 4 = 1248$$

$$2^r \geq r + i + 1$$

## Программа

```
code = list(input("Введите код из 7-и цифр >> "))

info = []
r = []
for i in range(7):
    x = code[i]
    if i == 2 or i >= 4:
        info.append(int(x))
    else:
        r.append(int(x))

r2 = [0] * 3
r2[0] = (info[0] + info[1] + info[3]) % 2
r2[1] = (info[0] + info[2] + info[3]) % 2
r2[2] = (info[1] + info[2] + info[3]) % 2

s = [0] * 3
for i in range(3):
    s[i] = (r[i] + r2[i]) % 2

error = s[0] + s[1]*2 + s[2]*4
code[error - 1] = (int(code[error - 1]) + 1) % 2
info = ''
```

```
for i in range(7):
    if i==2 or i>=4:
        info = info + str(code[i])

print('Правильное сообщение:', info)
print('Номер ошибочного бита:', error)
```

### Список литературы.

1. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки: Пер. с англ. М.: Мир, 1976, 594 с.
2. Пенин П. Е., Филиппов Л. Н. Радиотехнические системы передачи информации. М.: Радио и Связь, 1984, 256 с.
3. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. Пер. с англ. М.: Мир, 1986, 576 с.

### Заключение

В процессе выполнения лабораторной работы я изучила код Хэмминга. Как отправляются данные по коду Хэмминга. Научилась составлять схему кода Хэмминга, искать ошибки и исправлять их.