



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

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Отчёт по лабораторной работе №2

Тема: Синтез помехоустойчивого кода

Вариант 71

Выполнил: Разыграев Кирилл Сергеевич  
группа Р3115

Проверил: Белокон Юлия Алексеевна

## Содержание

Задание .....	3
Основные этапы вычисления .....	4
Задание 1 - Схема декодирования классического кода Хэмминга (7;4).....	4
Задание 2 - 53 .....	4
Задание 3-90 .....	5
Задание 4-15 .....	5
Задание 5-30 .....	6
Задание 7 - схема декодирования классического кода Хэмминга (15;11) .....	6
Задание 8-70 .....	7
Задание 9 - $(53 + 90 + 15 + 30 + 70) * 4 = 1032$ .....	7
Дополнительное задание .....	8
Заключение.....	8
Список использованных источников.....	9

## Задание

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. Дополнительное задание №1 (позволяет набрать от 86 до 100 процентов от максимального числа баллов БаРС за данную лабораторную). Написать программу на любом языке программирования, которая на вход 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).

## Основные этапы вычисления

### Задание 1 - Схема декодирования классического кода Хэмминга (7;4)

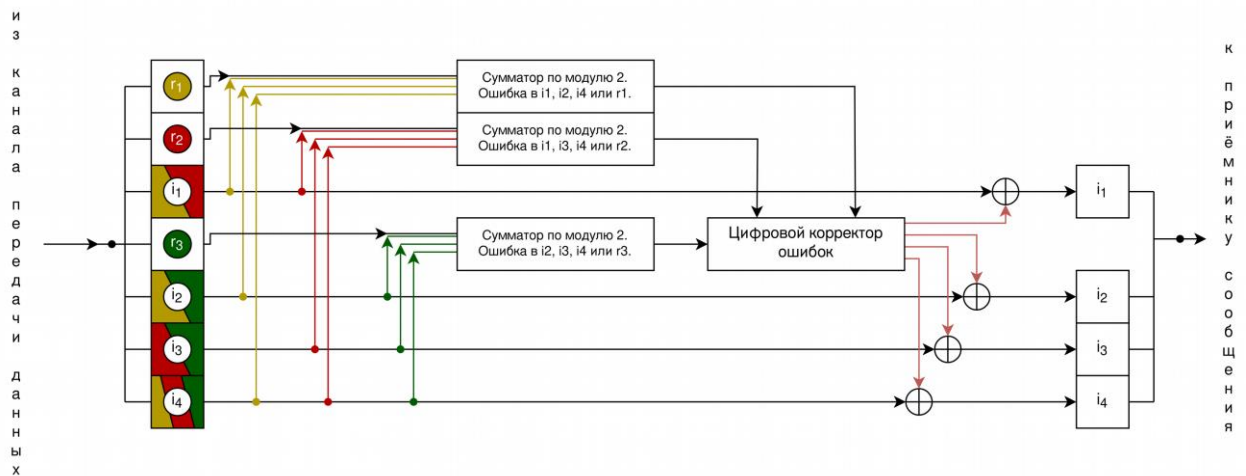


Рисунок 1

### Задание 2 - 53

R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	I <sub>1</sub>	R <sub>3</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>
1	1	0	0	0	1	1

N	1	2	3	4	5	6	7	
Сообщение	1	1	0	0	0	1	1	
2 <sup>x</sup>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	I <sub>1</sub>	R <sub>3</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	S
1	X		X		X		X	S <sub>1</sub>
2		X	X			X	X	S <sub>2</sub>
4				X	X	X	X	S <sub>3</sub>

$$S_1 = R_1 \oplus I_1 \oplus I_2 \oplus I_4 = 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

$$S_2 = R_2 \oplus I_1 \oplus I_3 \oplus I_4 = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

$$S_3 = R_3 \oplus I_2 \oplus I_3 \oplus I_4 = 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$$

$$S = (0, 1, 0) = 010 \Rightarrow \text{ошибка в бите } R_2$$

Правильное сообщение: 1000011

### Задание 3-90

<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>I<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>I<sub>2</sub></b>	<b>I<sub>3</sub></b>	<b>I<sub>4</sub></b>
0	1	1	0	1	1	0

<b>N</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	
<b>Сообщение</b>	0	1	1	0	1	1	0	
<b>2<sup>x</sup></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>I<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>I<sub>2</sub></b>	<b>I<sub>3</sub></b>	<b>I<sub>4</sub></b>	<b>S</b>
1	X		X		X		X	S <sub>1</sub>
2		X	X			X	X	S <sub>2</sub>
4				X	X	X	X	S <sub>3</sub>

$$S_1 = R_1 \oplus I_1 \oplus I_2 \oplus I_4 = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

$$S_2 = R_2 \oplus I_1 \oplus I_3 \oplus I_4 = 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

$$S_3 = R_3 \oplus I_2 \oplus I_3 \oplus I_4 = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

$$S = (0, 1, 0) = 010 \Rightarrow \text{ошибка в бите } R_2$$

Правильное сообщение: 0010110

### Задание 4-15

<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	0	1

<b>N</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	
<b>Сообщение</b>	0	0	0	0	0	0	1	
<b>2<sup>x</sup></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>I<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>I<sub>2</sub></b>	<b>I<sub>3</sub></b>	<b>I<sub>4</sub></b>	<b>S</b>
1	X		X		X		X	S <sub>1</sub>
2		X	X			X	X	S <sub>2</sub>
4				X	X	X	X	S <sub>3</sub>

$$S_1 = R_1 \oplus I_1 \oplus I_2 \oplus I_4 = 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$$

$$S_2 = R_2 \oplus I_1 \oplus I_3 \oplus I_4 = 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$$

$$S_3 = R_3 \oplus I_2 \oplus I_3 \oplus I_4 = 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$$

$$S = (1, 1, 1) = 111 \Rightarrow \text{ошибка в бите } I_4$$

Правильное сообщение: 0000000

### Задание 5-30

R1	R2	I1	R3	I2	I3	I4
0	0	0	1	0	1	0

N	1	2	3	4	5	6	7	
Сообщение	0	0	0	1	0	1	0	
2 <sup>x</sup>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	I <sub>1</sub>	R <sub>3</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	S
1	X		X		X		X	S <sub>1</sub>
2		X	X			X	X	S <sub>2</sub>
4				X	X	X	X	S <sub>3</sub>

$$S_1 = R_1 \oplus I_1 \oplus I_2 \oplus I_4 = 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0$$

$$S_2 = R_2 \oplus I_1 \oplus I_3 \oplus I_4 = 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

$$S_3 = R_3 \oplus I_2 \oplus I_3 \oplus I_4 = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

$$S = (0, 1, 0) = 010 \Rightarrow \text{ошибка в бите } R_2$$

Правильное сообщение: 0101010

### Задание 7 - схема декодирования классического кода Хэмминга (15;11)

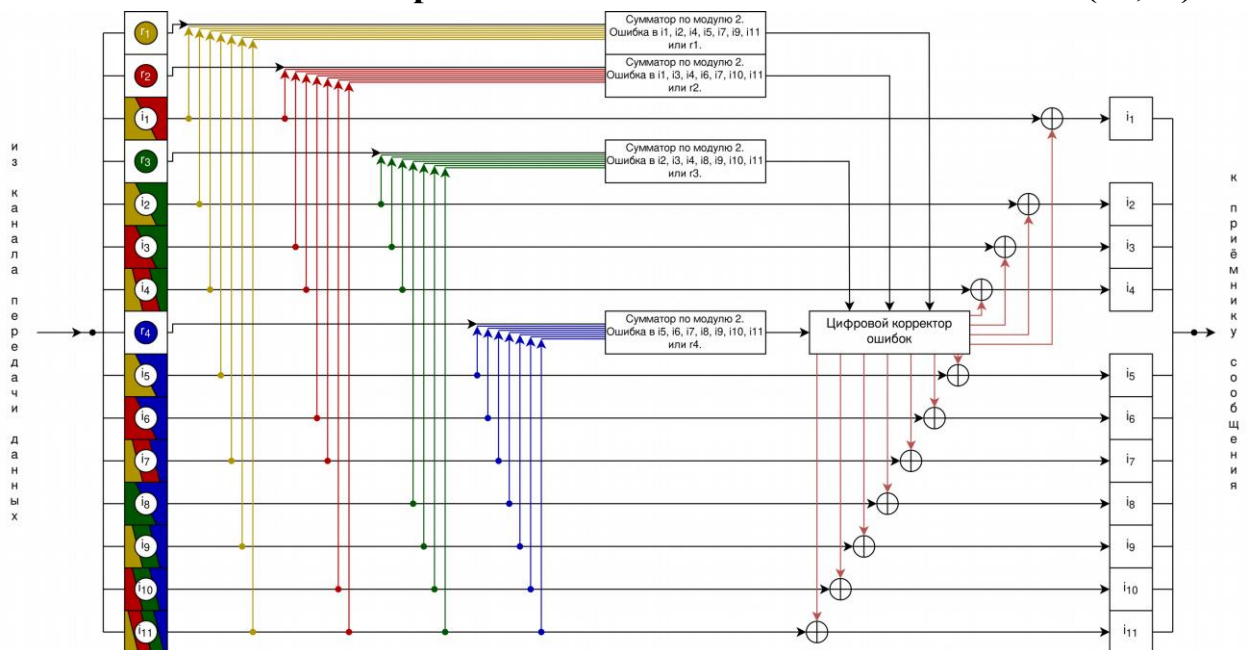


Рисунок 2

### Задание 8-70

R1	R2	I1	R3	I2	I3	I4	R4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11
0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Сообщение	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	
2 <sup>x</sup>	R1	R2	I1	R3	I2	I3	I4	R4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	S
1	X		X		X		X		X		X		X		X	S <sub>1</sub>
2		X	X			X	X			X	X			X	X	S <sub>2</sub>
4				X	X	X	X					X	X	X	X	S <sub>3</sub>
8								X	X	X	X	X	X	X	X	S <sub>4</sub>

$$S_1 = R_1 \oplus I_1 \oplus I_2 \oplus I_4 \oplus I_5 \oplus I_7 \oplus I_9 \oplus I_{11} = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

$$S_2 = R_2 \oplus I_1 \oplus I_3 \oplus I_4 \oplus I_6 \oplus I_7 \oplus I_{10} \oplus I_{11} = 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0$$

$$S_3 = R_3 \oplus I_2 \oplus I_3 \oplus I_4 \oplus I_8 \oplus I_9 \oplus I_{10} \oplus I_{11} \oplus I_{12} = 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$$

$$S_4 = R_4 \oplus I_5 \oplus I_6 \oplus I_7 \oplus I_8 \oplus I_9 \oplus I_{10} \oplus I_{11} = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$$

$S = (0, 0, 1, 1) \Rightarrow$  ошибка в  $I_8$

Правильное сообщение: 001110001101100

### Задание 9 - $(53 + 90 + 15 + 30 + 70) * 4 = 1032$

Число информационных разрядов в передаваемом сообщении – 1032

$R$  – число проверочных разрядов

Найдём минимальное  $R$ , чтобы было верно равенство –  $2^R \geq R + I + 1$

$$2^R \geq R + 1032 + 1 \Rightarrow R = 11$$

Коэффициент избыточности –  $R / (I + R) = 11 / (1032 + 11) = 0,0105465005$

Результат: R=11; коэффициент избыточности=0,0105465005

### Дополнительное задание

```
SYMBOLS = ("r1", "r2", "i1", "r3", "i2", "i3", "i4")

def validate_input(cipher: str) -> bool:
    if len(cipher) != 7:
        return False

    if set(cipher) - {"1", "0"}:
        return False

    return True

def main() -> None:
    cipher = input("Введите код Хэмминга из 7 символов: ")
    if not validate_input(cipher):
        print("[Ошибка]. Шифр должен состоять из 0 и 1 и быть длиной 7 символов")
        return

    bits = list(map(int, cipher))
    s1 = (bits[0] + bits[2] + bits[4] + bits[6]) % 2
    s2 = (bits[1] + bits[2] + bits[5] + bits[6]) % 2
    s3 = (bits[3] + bits[4] + bits[5] + bits[6]) % 2
    syndrome = (s1, s2, s3)

    if syndrome != (0, 0, 0):
        num = int("".join(map(str, syndrome[::-1])), 2)
        print(f"Найдена ошибка в символе: {SYMBOLS[bits[num - 1]]}")
        bits[num - 1] = 1 - bits[num - 1]
        res = "".join(map(str, bits))
        print(f"Правильное сообщение: {res[2]}{res[4]}{res[5]}{res[6]}")
    else:
        res = "".join(map(str, bits))
        print(f"Сообщение корректно: {res[2]}{res[4]}{res[5]}{res[6]}")

if __name__ == "__main__":
    main()
```

### Заключение

В процессе выполнения работы я научился работать с кодом Хэмминга, обнаруживать и исправлять ошибки в полученных сообщениях.



## **Список использованных источников**

- Основы цифровой радиосвязи. Помехоустойчивое кодирование: метод. Указания / сост. Д. В. Пьянзин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009 – 16с.
- Коды и устройства помехоустойчивого кодирования информации / сост. Королев А.И. – Мн.: 2002. с.286
- Теория кодирования и теория информации: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1983. –176 с., ил.