

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

Факультет Программной Инженерии и Компьютерной Техники

Лабораторная работа №2

Синтез помехоустойчивого кода

Вариант 75

Выполнил:

Попов Кирилл Олегович

Группа Р3108

Проверил:

Бострикова Дарья Константиновна

Санкт-Петербург 2024

## Содержание

<b>Задание.....</b>	<b>3</b>
<b>Основные этапы вычисления.....</b>	<b>4</b>
Задание 1. №57 .....	4
Задание 2. №94.....	4
Задание 3. №19.....	5
Задание 4. №10.....	5
Задание 5. №74.....	6
Задание 6. № $((57+94+19+10+74)*4=1016)$ .....	6
<b>Дополнительное задание.....</b>	<b>7</b>
<b>Вывод.....</b>	<b>7</b>
<b>Источники.....</b>	<b>7</b>

## Задание

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.

На основании номера варианта задания выбрать набор из 4 полученных сообщений в виде последовательности 7-символьного кода.

Построить схему декодирования классического кода Хэмминга (7;4), которую представить в отчёте в виде изображения.

Показать, исходя из выбранных вариантов сообщений (по 4 у каждого – часть No1 в варианте), имеются ли в принятом сообщении ошибки, и если имеются, то какие. Подробно прокомментировать и записать правильное сообщение.

На основании номера варианта задания выбрать 1 полученное сообщение в виде последовательности 11-символьного кода.

Построить схему декодирования классического кода Хэмминга (15;11), которую представить в отчёте в виде изображения.

Показать, исходя из выбранного варианта сообщений (по 1 у каждого – часть No2 в варианте), имеются ли в принятом сообщении ошибки, и если имеются, то какие. Подробно прокомментировать и записать правильное сообщение.

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.

Дополнительное задание No1 (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

Схема декодирования классического кода Хэмминга(7,4) представлена на Рисунок 1.

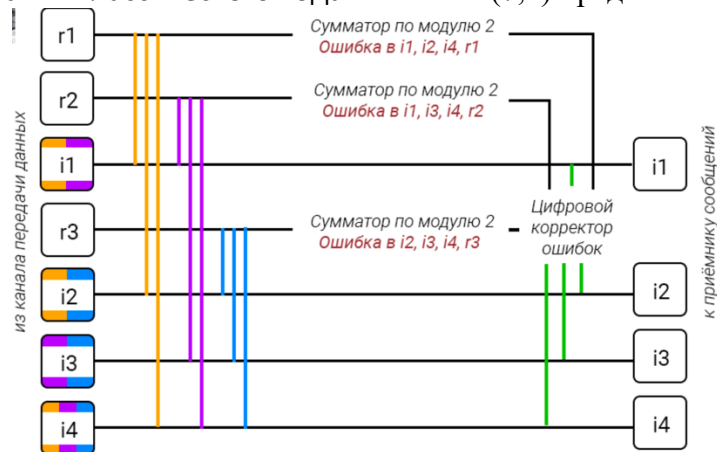


Рисунок 1

Задание 1. №57

r1	r2	i1	r3	i2	i3	i4
0	0	0	0	0	1	0

$$s1 = r1 \oplus i1 \oplus i2 \oplus i4 = 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0$$

$$s2 = r2 \oplus i1 \oplus i3 \oplus i4 = 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

$$s3 = r3 \oplus i2 \oplus i3 \oplus i4 = 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

	1	2	3	4	5	6	7	
2 <sup>x</sup>	r1	r2	i1	r3	i2	i3	i4	S
1	X	-	X	-	X	X	X	s1
2	-	X	X	-	-	X	X	s2
4	-	-	-	X	X	X	X	s3

$$S=(s1,s2,s3)=011 \Rightarrow \text{ошибка в символе } i_3$$

Правильное сообщение: 0000000

Задание 2. №94

r1	r2	i1	r3	i2	i3	i4
1	0	1	0	1	1	0

$$s1 = r1 \oplus i1 \oplus i2 \oplus i4 = 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

$$s2 = r2 \oplus i1 \oplus i3 \oplus i4 = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

$$s3 = r3 \oplus i2 \oplus i3 \oplus i4 = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

	1	2	3	4	5	6	7	
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>

$S=(s_1,s_2,s_3)=100 \Rightarrow$  ошибка в символе  $r_1$

Правильное сообщение: 0010110

Задание 3. №19

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>
0	1	0	1	0	0	1

$$s_1 = r_1 \oplus i_1 \oplus i_2 \oplus i_4 = 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$$

$$s_2 = r_2 \oplus i_1 \oplus i_3 \oplus i_4 = 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

$$s_3 = r_3 \oplus i_2 \oplus i_3 \oplus i_4 = 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

	1	2	3	4	5	6	7	
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>

$S=(s_1,s_2,s_3)=100 \Rightarrow$  ошибка в символе  $r_1$

Правильное сообщение: 1101001

Задание 4. №10

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	0	1	0	0	0	0

$$s_1 = r_1 \oplus i_1 \oplus i_2 \oplus i_4 = 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 = 0$$

$$s_2 = r_2 \oplus i_1 \oplus i_3 \oplus i_4 = 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$$

$$s_3 = r_3 \oplus i_2 \oplus i_3 \oplus i_4 = 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0$$

	1	2	3	4	5	6	7	
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>

$S=(s_1,s_2,s_3)=010 \Rightarrow$  ошибка в символе  $r_2$

Правильное сообщение: 1110000

Схема декодирования классического кода Хэмминга(15,11) представлена на Рисунок 2.

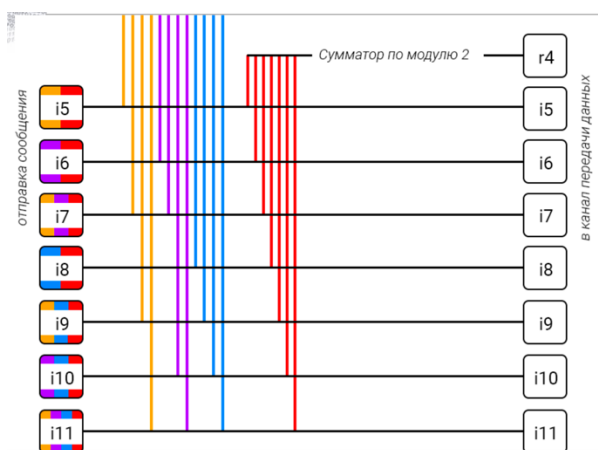


Рисунок 2

Задание 5. №74

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>	r <sub>4</sub>	i <sub>5</sub>	i <sub>6</sub>	i <sub>7</sub>	i <sub>8</sub>	i <sub>9</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>11</sub>
0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0

$$s_1 = r_1 \oplus i_1 \oplus i_2 \oplus i_4 \oplus i_5 \oplus i_7 \oplus i_9 \oplus i_{11} = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

$$s_2 = r_2 \oplus i_1 \oplus i_3 \oplus i_4 \oplus i_6 \oplus i_7 \oplus i_{10} \oplus i_{11} = 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0$$

$$s_3 = r_3 \oplus i_2 \oplus i_3 \oplus i_4 \oplus i_8 \oplus i_9 \oplus i_{10} \oplus i_{11} = 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$$

$$s_4 = r_4 \oplus i_5 \oplus i_6 \oplus i_7 \oplus i_8 \oplus i_9 \oplus i_{10} \oplus i_{11} = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
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>	r <sub>4</sub>	i <sub>5</sub>	i <sub>6</sub>	i <sub>7</sub>	i <sub>8</sub>	i <sub>9</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>11</sub>	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>

$$S = (s_1, s_2, s_3, s_4) = 1011 \Rightarrow \text{ошибка в символе } i_9$$

Правильное сообщение: 001110010100000

Задание 6. №((57+94+19+10+74)\*4=1016)

Информационных разрядов, передаваемых в сообщении: 1016

Если число проверочных разрядов равно  $r$ , то общее количество бит в сообщении вычисляется по формуле  $2^r - 1$ , информационных бит  $2^r - 1 - r$ .

Найдем  $r$ , для которого выполняется неравенство  $2^{r-1} - 1 - (r-1) < 1016 < 2^r - 1 - r$ .

При  $r = 11$  неравенство принимает вид:  $1013 < 1016 < 2036$

Следовательно, подходит  $r=11$

Найдем коэффициент избыточности:  $r/(i+r) = 11/(11+1016) \approx 0,010142$

Ответ:  $r=11$ , коэффициент избыточности  $\approx 0,01071$

### **Дополнительное задание**

Код программы представлен на github: [https://github.com/Popandypalo/Proga\\_Lab2](https://github.com/Popandypalo/Proga_Lab2)

### **Вывод**

В ходе данной работы я научился работать с кодом Хэмминга, обнаруживать в нем ошибки и исправлять ошибки в сообщении.

### **Источники**

1. Основы цифровой радиосвязи. Помехоустойчивое кодирование: метод. Указания / сост. Д. В. Пьянзин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009 – 16с.
2. Коды и устройства помехоустойчивого кодирования информации / сост. Королев А.И. – Мн.: , 2002. с.286