

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский университет ИТМО»

ФАКУЛЬТЕТ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ И КОМПЬЮТЕРНОЙ  
ТЕХНИКИ

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2**

### **Синтез помехоустойчивого кода**

Вариант №465722=52

**Выполнил:**

Девярых Павел  
Леонидович

Группа №Р3110

**Проверил:**

Рыбаков Степан  
Дмитриевич

Преподаватель практики

## Оглавление

Задание.....	3
Основные этапы вычисления.....	4
Задание 1: №37.....	4
Задание 2: № 69.....	4
Задание 3: №101.....	5
Задание 4: №21.....	5
Задание 5: №52.....	6
Задание 6: № $(37 + 69 + 101 + 21 + 52) * 4 = 1120$ .....	6
Ответы.....	7
Задание 7:.....	8
Заключение.....	10
Список использованных источников.....	11

## 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 отчете 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 отчете 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.
- 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: №37

$r_1$	$r_2$	$i_1$	$r_3$	$i_2$	$i_3$	$i_4$
1	0	0	1	0	1	0

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

$$S_2 = r_2 \oplus i_1 \oplus i_3 \oplus i_4 = 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

$$S_3 = r_3 \oplus i_2 \oplus i_3 \oplus i_4 = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

	1	2	3	4	5	6	7	
$2^x$	$r_1$	$r_2$	$i_1$	$r_3$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	S
1	X		X		X		X	$S_1$
2		X	X			X	X	$S_2$
4				X	X	X	X	$S_3$

Синдром S ( $S_1, S_2, S_3$ ) = 110  $\Rightarrow$  Ошибка в символе  $i_1$

Исправленное сообщение: 1010

### Задание 2: № 69

$r_1$	$r_2$	$i_1$	$r_3$	$i_2$	$i_3$	$i_4$
1	1	1	0	1	0	0

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

$$S_2 = r_2 \oplus i_1 \oplus i_3 \oplus i_4 = 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 = 0$$

$$S_3 = r_3 \oplus i_2 \oplus i_3 \oplus i_4 = 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$$

	1	2	3	4	5	6	7	
$2^x$	$r_1$	$r_2$	$i_1$	$r_3$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	S
1	X		X		X		X	$S_1$
2		X	X			X	X	$S_2$

4				X	X	X	X	S <sub>3</sub>
---	--	--	--	---	---	---	---	----------------

Синдром S (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>) = 101 ⇒ Ошибка в символе i<sub>2</sub>

Исправленное сообщение: 1000

### Задание 3: №101

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	0	1	1	1	1	1

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

$$S_2 = r_2 \oplus i_1 \oplus i_3 \oplus i_4 = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

$$S_3 = r_3 \oplus i_2 \oplus i_3 \oplus i_4 = 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 0$$

	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>

Синдром S (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>) = 110 ⇒ Ошибка в символе i<sub>1</sub>

Исправленное сообщение: 0111

### Задание 4: №21

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	1	1	0	0	1

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

$$S_2 = r_2 \oplus i_1 \oplus i_3 \oplus i_4 = 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = 1$$

$$S_3 = r_3 \oplus i_2 \oplus i_3 \oplus i_4 = 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

	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>

Синдром S (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>) = 010 ⇒ Ошибка в символе r<sub>2</sub>

Исправленное сообщение: 1001 (ошибок среди информационных битов нет)

### Задание 5: №52

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	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1

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

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

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

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

	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>

Синдром S (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>) = 1101 ⇒ Ошибка в символе i<sub>7</sub>.

Исправленное сообщение: 00111010011

### Задание 6: № (37 + 69 + 101 + 21 + 52) \* 4 = 1120

Информационных разрядов в передаваемом сообщении: 1120

Значит минимальное число проверочных разрядов равно 11, т.к. используя формулу

для нахождения минимального числа проверочных разрядов:  $2^r \geq r + i + 1$  получаем: 2

$$2^{11} \geq 11 + 1120 + 1; 2048 \geq 1132.$$

Коэффициент избыточности =  $r / (i + r) = 11 / (11 + 1120) \approx 0.0097260$

**Ответ:** минимальное число проверочных разрядов = 11; коэффициент избыточности = 0.0097260

## ОТВЕТЫ

<b>Задание</b>	<b>1</b>	<b>—</b>	<b>i1</b>
<b>Задание</b>	<b>2</b>	<b>—</b>	<b>i2</b>
<b>Задание</b>	<b>3</b>	<b>—</b>	<b>i1</b>
<b>Задание</b>	<b>4</b>	<b>—</b>	<b>R2</b>
<b>Задание</b>	<b>5</b>	<b>—</b>	<b>i7</b>

## Задание 7:

Исходный код программы на языке программирования Java:

```
import static java.lang.Math.pow;
import static java.lang.Math.abs;
import java.util.Scanner;

public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        byte m = (byte)0;
        while (m==0) {
            Scanner sc = new Scanner(System.in);/* вводим число для проверки */
            System.out.print("Введите число из 7 0 или 1 для проверки сообщения на ошибку
по классическому коду Хэмминга:");

            String [] k1 = sc.nextLine().split(""); // разбиваем наше число на список из
одинокных символов

            if (k1.length != 7 || (k1[0].equals("0")==false && k1[0].equals("1")==false) ||
(k1[1].equals("0")==false && k1[1].equals("1")==false) || (k1[2].equals("0")==false &&
k1[2].equals("1")==false) || (k1[3].equals("0")==false && k1[3].equals("1")==false) ||
(k1[4].equals("0")==false && k1[4].equals("1")==false) || (k1[5].equals("0")==false &&
k1[5].equals("1")==false) || (k1[6].equals("0")==false && k1[6].equals("1")==false)) {
                if (k1.length!=7){
                    System.out.println("Длина неверна, попробуйте ещё раз");
                }else {
                    System.out.println("Ошибочный ввод символов! Попробуйте ещё раз");
                }
                continue;
            }

            m+=1;

            int s1 = Integer.parseInt(k1[0]) ^ Integer.parseInt(k1[2]) ^ Integer.parseInt(k1[4]) ^
Integer.parseInt(k1[6]);// первая контрольная сумма

            int s2 = Integer.parseInt(k1[1]) ^ Integer.parseInt(k1[2]) ^ Integer.parseInt(k1[5]) ^
Integer.parseInt(k1[6]);// вторая контрольная сумма

            int s3 = Integer.parseInt(k1[3]) ^ Integer.parseInt(k1[4]) ^ Integer.parseInt(k1[5]) ^
Integer.parseInt(k1[6]);// третья контрольная сумма
```



```

String[] S = {String.valueOf(s1), String.valueOf(s2), String.valueOf(s3)}; // собираем
синдром
if (S[0].equals("0") && S[1].equals("0") && S[2].equals("0")) { // проверка на
безошибочный случай
    System.out.printf("Сообщение без ошибок: %s\nБита с ошибкой нет", (k1[2] +
k1[4] + k1[5] + k1[6]));
} else {
    String[] nameBit = {"r1", "r2", "i1", "r3", "i2", "i3", "r4"};
    byte l = (byte) 0;
    for (int i = 0; i < S.length; i++) {
        l += Integer.parseInt(S[i]) * pow(2, i); // перевод из 2 в десятичную систему, но в
обратном порядке (это будет наш ломаный бит по счёту)
    }
    k1[l - 1] = String.valueOf(abs(Integer.parseInt(k1[l - 1]) - 1)); // вычисляем название
нашего бита
    System.out.printf("Индекс бита с ошибкой %d\nБит отвечает за %s\nПравильное сообщение: %s", l, nameBit[l - 1], (k1[2] + k1[4] + k1[5] + k1[6])); // выводим
}
}
}
}

```

```

1001010
Индекс бита с ошибкой: 3
Бит отвечает за i1
Правильное сообщение: 1010

```

Рисунок 1. Пример работы программы для задания №1

## Заключение

Во время выполнения лабораторной работы я изучил технологию избыточного кодирования, которая позволяет исправлять ошибочные биты при передачи информации — Код Хэмминга. Написал собственную программу на языке java для проверки сообщения на наличие ошибок и их последующего исправления.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Казарин, Лев Сергеевич. Введение в теорию кодирования, сжатия и восстановления информации : учебно-методическое пособие: Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль : ЯрГУ, 2020. – 112 с.
2. Основы цифровой радиосвязи. Помехоустойчивое кодирование: метод. указания / сост. Д. В. Пьянзин. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2009. – 16 с