

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

*Факультет программной инженерии и компьютерной техники*

**лабораторная работа №1**  
**Синтез помехоустойчивого кода**  
**Вариант №15**

Выполнил: Пивоваров Р. Н.  
Группа: Р3131

Проверил: Авксентьева Е. Ю.  
К.п.н. Доцент

Г. Санкт-Петербург, 2024 г.

## Оглавление

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Задание .....                  | 3 |
| основные этапы вычисления..... | 4 |
| задание 1.....                 | 4 |
| Задание 2 .....                | 4 |
| Задание 2.1 – № 58.....        | 4 |
| Задание 2.2 – № 50.....        | 4 |
| Задание 2.3 – № 72.....        | 5 |
| Задание 2.4 – № 94.....        | 5 |
| Задание 3 .....                | 6 |
| Задание 4 .....                | 6 |
| Задание 4 – № 16.....          | 6 |
| Задание 5 .....                | 7 |
| Дополнительное задание .....   | 7 |
| Заключение .....               | 7 |
| Список литературы.....         | 8 |

**лабораторная работа №1**  
**Перевод чисел между различными системами счисления**  
**Задание**

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

2. 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.

| Вариант | 1  |    |    |    | 2  |
|---------|----|----|----|----|----|
| 15      | 58 | 50 | 72 | 94 | 16 |

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

4. 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.

5. 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

Схема декодирования классического кода Хэмминга представлена на Рисунок 1

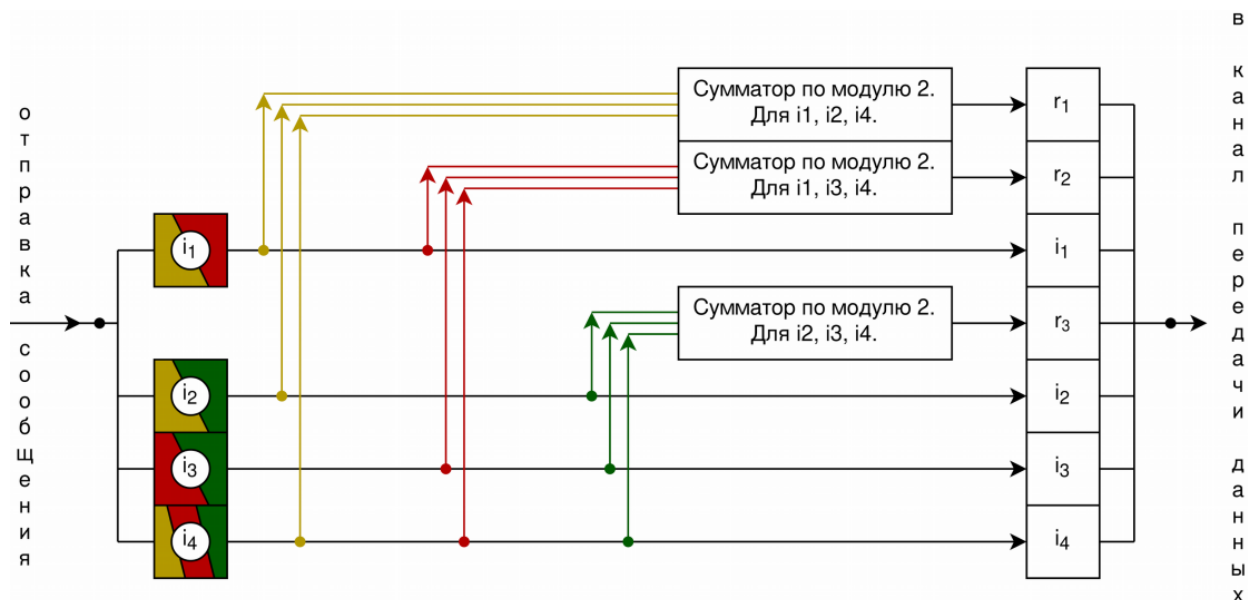


Рисунок 1

### Задание 2

#### Задание 2.1 – № 58

| 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              | 0              | 1              | 1              | 0              | 0              |

Расчет синдрома:

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

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

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

$S(s_1, s_2, s_3) = 100$ , таким образом ошибка в символе  $r_1$ .

|                | 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> |
| 1              | X              | -              | X              |  | -              | X              | -              | X              |
| 2              | -              | X              | X              |  | -              | -              | X              | X              |
| 4              | -              | -              | -              |  | X              | X              | X              | X              |

Верное Сообщение: 1001100

#### Задание 2.2 – № 50

| 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              | 0              | 1              | 0              | 1              | 1              |

Расчет синдрома:

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

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

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

$S(s_1, s_2, s_3) = 001$ , таким образом ошибка в символе  $r_3$ .

|       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| $2^x$ | $r_1$ | $r_2$ | $i_1$ | $r_3$ | $i_2$ | $i_3$ | $i_4$ |
| 1     | X     | -     | X     | -     | X     | -     | X     |
| 2     | -     | X     | X     | -     | -     | X     | X     |
| 4     | -     | -     | -     | X     | X     | X     | X     |

Верное Сообщение: 1000011

### Задание 2.3 – № 72

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

Расчет синдрома:

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

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

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

$S(s_1, s_2, s_3) = 011$ , таким образом ошибка в символе  $i_3$ .

|       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| $2^x$ | $r_1$ | $r_2$ | $i_1$ | $r_3$ | $i_2$ | $i_3$ | $i_4$ |
| 1     | X     | -     | X     | -     | X     | -     | X     |
| 2     | -     | X     | X     | -     | -     | X     | X     |
| 4     | -     | -     | -     | X     | X     | X     | X     |

Верное Сообщение: 0001111

### Задание 2.4 – № 94

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

Расчет синдрома:

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

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

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

$S(s_1, s_2, s_3) = 100$ , таким образом ошибка в символе  $r_1$ .

|       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| $2^x$ | $r_1$ | $r_2$ | $i_1$ | $r_3$ | $i_2$ | $i_3$ | $i_4$ |

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | X | - | X | - | X | - | X |
| 2 | - | X | X | - | - | X | X |
| 4 | - | - | - | X | X | X | X |

Верное Сообщение: 00101110

### Задание 3

Схема декодирования классического кода Хэмминга 15 4 представлена на Рисунок 2

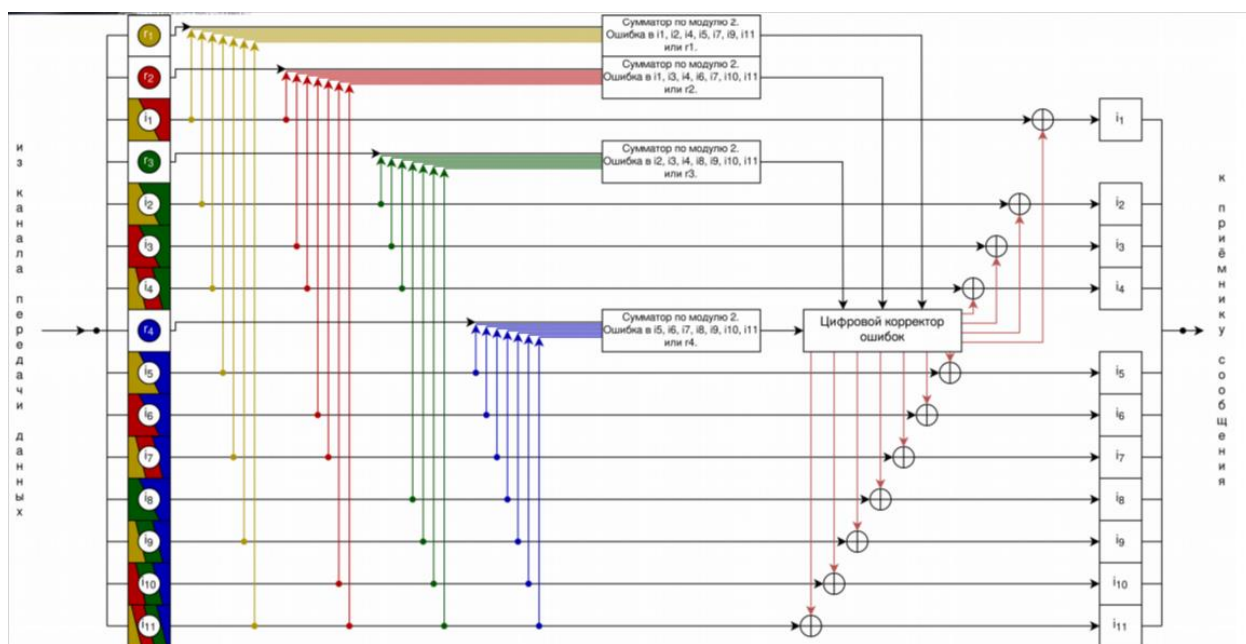


Рисунок 2

### Задание 4

#### Задание 4 – № 16

| 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              | 1              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0               | 1               |

Расчет синдрома:

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

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

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

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

$S(s_1, s_2, s_3, s_4) = 1001$ , таким образом ошибка в символе  $i_5$ .

|                | 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> |

Верное сообщение: 0110001010000001

### Задание 5

Число информационных разрядов  $i = (58 + 50 + 72 + 94 + 16) * 4 = 1160$ .

Определение минимального числа контрольных разрядов:  $2^r \geq r + i + 1$ .

Подставим значения:  $2^r \geq r + 1161$

Найдем  $r$  перебором:

Очевидно что  $r < 11$  не подходит так как  $2^{10} = 1024$ ,  $1024 < 1171$

Возьмём  $r = 11$ :  $2048 \geq 11 + 1161$  – подходит. Значит  $r = 11$ .

Таким образом коэффициент избыточности:  $k = r / (i + r) = 11 / 1171 \approx 0,00939368061$

### Дополнительное задание

[Ссылка на листинг программы на Github](#)

### Заключение

В результате выполнения лабораторной работы я научился находить ошибки в переданном сообщении с помощью классического кода хэмминга и искать сколько проверочных бит нужно для заданного кол-ва символов.

### **Список литературы**

1. Балакшин П.В., Соснин В.В., Калинин И.В., Малышева Т.А., Раков С.В., Рущенко Н.Г., Дергачев А.М. Информатика: лабораторные работы и тесты: Учебно-методическое пособие / Рецензент: Поляков В.И. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019. - 56 с. - экз. –
2. Основы цифровой радиосвязи. Помехоустойчивое кодирование: метод. Указания / сост. Д. В. Пьянзин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009 – 16с.