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

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Отчёт о лабораторной работе №2

Синтез помехоустойчивого кода

Вариант №52

Выполнил:

Дядев Владислав Александрович, гр. P3131

Проверила:

Авксентьева Е. Ю., к.п.н., доцент

Санкт-Петербург 2024

Оглавление

[Задание 3](#_Toc179457388)

[Основные этапы вычисления 5](#_Toc179457389)

[Схема декодирования кода Хэмминга (7;4) 5](#_Toc179457390)

[Задание №37 (Часть 1) 5](#_Toc179457391)

[Задание №69 (Часть 1) 6](#_Toc179457392)

[Задание №101 (Часть 1) 7](#_Toc179457393)

[Задание №21 (Часть 1) 7](#_Toc179457394)

[Схема декодирования кода Хэмминга (15;11) 8](#_Toc179457395)

[Задание №52 (Часть 2) 9](#_Toc179457396)

[Вычисление минимального числа проверочных разрядов и коэффициента избыточности 10](#_Toc179457397)

[Дополнительное задание 11](#_Toc179457398)

[Заключение 13](#_Toc179457399)

[Список использованных источников 14](#_Toc179457400)

# **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 выдаёт правильное сообщение (только информационные биты) и указывает бит с ошибкой при его наличии.

Варианту №52 соответствуют задания №37, №69, №101, №21 для первой части, а также задание №52 для второй части.

# **Основные этапы вычисления**

# **Схема декодирования кода Хэмминга (7;4)**

Схема декодирования классического кода Хэмминга (7;4) представлена на рисунке 1.

Изображение выглядит как текст, диаграмма, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 1 - Код Хэмминга (7;4)

## **Задание №37 (Часть 1)**

Дано сообщение: 1001010. Построим таблицу, в которой покажем, какие информационные биты покрывают проверочные биты (Таблица 1).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
|  | **r1** | **r2** | **i1** | **r3** | **i2** | **i3** | **i4** |
|  | **1** | **0** | **0** | **1** | **0** | **1** | **0** |
| 1 | X |  | X |  | X |  | X |
| 2 |  | X | X |  |  | X | X |
| 4 |  |  |  | X | X | X | X |

Таблица 1 - Задание №37

Посчитаем контрольные суммы:

1. s1= r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 = 1 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 0 = 1
2. s2= r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 = 0 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 0 = 1
3. s3= r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 = 1 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 0 = 0

Получим синдром:

S = (s1, s2, s3) = (1, 1, 0) => 0112 = 3 => ошибка в i1

Правильное сообщение: 1011010 (1010 – без проверочных битов)

## **Задание №69 (Часть 1)**

Дано сообщение: 1110100. Построим таблицу, в которой покажем, какие информационные биты покрывают проверочные биты (Таблица 2).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
|  | **r1** | **r2** | **i1** | **r3** | **i2** | **i3** | **i4** |
|  | **1** | **1** | **1** | **0** | **1** | **0** | **0** |
| 1 | X |  | X |  | X |  | X |
| 2 |  | X | X |  |  | X | X |
| 4 |  |  |  | X | X | X | X |

Таблица 2 - Задание №69

Посчитаем контрольные суммы:

1. s1= r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 = 1 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 0 = 1
2. s2= r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 = 1 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 0 = 0
3. s3= r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 = 0 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 0 = 1

Получим синдром:

S = (s1, s2, s3) = (1, 0, 1) => 1012 = 5 => ошибка в i2

Правильное сообщение: 1110000 (1000 – без проверочных битов)

## **Задание №101 (Часть 1)**

Дано сообщение: 0011111. Построим таблицу, в которой покажем, какие информационные биты покрывают проверочные биты (Таблица 3).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
|  | **r1** | **r2** | **i1** | **r3** | **i2** | **i3** | **i4** |
|  | **0** | **0** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** |
| 1 | X |  | X |  | X |  | X |
| 2 |  | X | X |  |  | X | X |
| 4 |  |  |  | X | X | X | X |

Таблица 3 - Задание №101

Посчитаем контрольные суммы:

1. s1= r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 = 0 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1
2. s2= r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 = 0 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1
3. s3= r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 = 1 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 1 = 0

Получим синдром:

S = (s1, s2, s3) = (1, 1, 0) => 0112 = 3 => ошибка в i1

Правильное сообщение: 0001111 (0111 – без проверочных битов)

## **Задание №21 (Часть 1)**

Дано сообщение: 0111001. Построим таблицу, в которой покажем, какие информационные биты покрывают проверочные биты (Таблица 4).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
|  | **r1** | **r2** | **i1** | **r3** | **i2** | **i3** | **i4** |
|  | **0** | **1** | **1** | **1** | **0** | **0** | **1** |
| 1 | X |  | X |  | X |  | X |
| 2 |  | X | X |  |  | X | X |
| 4 |  |  |  | X | X | X | X |

Таблица 4 - Задание №21

Посчитаем контрольные суммы:

1. s1= r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 = 0 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 1 = 0
2. s2= r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 = 1 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 1 = 1
3. s3= r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 = 1 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 1 = 0

Получим синдром:

S = (s1, s2, s3) = (0, 1, 0) => 0102 = 2 => ошибка в r2

Правильное сообщение: 0011001 (1001 – без проверочных битов)

## **Схема декодирования кода Хэмминга (15;11)**

Схема декодирования классического кода Хэмминга (15;11) представлена на рисунке 2.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, диаграмма, число

Автоматически созданное описание

Рисунок 2 - Код Хэмминга (15;11)

## **Задание №52 (Часть 2)**

Дано сообщение: 010001101000011. Построим таблицу, в которой покажем, какие информационные биты покрывают проверочные биты (Таблица 5).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **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** |
|  | **0** | **1** | **0** | **0** | **0** | **1** | **1** | **0** | **1** | **0** | **0** | **0** | **0** | **1** | **1** |
| 1 | X |  | X |  | X |  | X |  | X |  | X |  | X |  | X |
| 2 |  | X | X |  |  | X | X |  |  | X | X |  |  | X | X |
| 4 |  |  |  | X | X | X | X |  |  |  |  | X | X | X | X |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  | X | X | X | X | X | X | X | X |

Таблица 5 - Задание №52

Посчитаем контрольные суммы:

1. s1= r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 ⊕ i5 ⊕ i7 ⊕ i9 ⊕ i11 = 0 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 1 = 1
2. s2= r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 ⊕ i6 ⊕ i7 ⊕ i10 ⊕ i11 = 1 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1
3. s3= r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 ⊕ i8 ⊕ i9 ⊕ i10 ⊕ i11 = 0 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 = 0
4. s4 = r4 ⊕ i5 ⊕ i6 ⊕ i7 ⊕ i8 ⊕ i9 ⊕ i10 ⊕ i11 = 0 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1

Получим синдром:

S = (s1, s2, s3, s4) = (1, 1, 0, 1) => 10112 = 11 => ошибка в i7

Правильное сообщение: 010001101010011 (00111010011 – без проверочных битов)

## **Вычисление минимального числа проверочных разрядов и коэффициента избыточности**

Число информационных разрядов: (37 + 69 + 101 + 21 + 52) \* 4 = 1120

Минимальное число проверочных разрядов вычисляется по формуле:

2r ≥ r + i + 1 ↔ 2r ≥ r + 1121 ↔ min r = 11

Коэффициент избыточности – это отношение числа проверочных разрядов к общему числу разрядов. В данном случае он равен 11 / (11+1120) = 11 / 1131 (~0,0097).

## **Дополнительное задание**

Код программы по обнаружению ошибки с помощью классического кода Хэмминга (7;4), написанный на языке Python, представлен на рисунке 3.

Изображение выглядит как текст, электроника, компьютер, дисплей

Автоматически созданное описание

Рисунок 3 – Исходный код программы

Также исходный код программе представлен в репозитории на github (<https://github.com/Alvas07/ITMO/blob/main/1%20Informatics/Labs/Lab2/lab2.py>)

Результат работы программы представлен на рисунке 4.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Автоматически созданное описание

Рисунок 4 – Результат работы программы

# **Заключение**

В ходе лабораторной работы мы научились искать ошибки в сообщениях с помощью классических кодов Хэмминга (7;4) и (15;11), нарисовали схемы декодирования для них. Также мы вспомнили, как рассчитывать минимальное количество проверочных разрядов и коэффициент избыточности. Кроме того, нами была написана программа для анализа сообщения на ошибки с помощью классического кода Хэмминга (7;4).

# **Список использованных источников**

1. Коды и устройства помехоустойчивого кодирования информации / сост. Королев А. И.: 2002. с. 286
2. Основы цифровой радиосвязи. Помехоустойчивое кодирование: метод. Указания / сост. Д. В. Пьянзин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009 – 16с.
3. Ромащенко А. Е., Румянцев А. Ю., Шень А. Заметки по теории кодирования. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: МЦНМО, 2017. – 88 с.