МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский университет ИТМО»

ФАКУЛЬТЕТ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ И  
КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2**

по дисциплине

«ИНФОРМАТИКА»

Синтез помехоустойчивых устройств

Вариант № 57

***Выполнил:***Студент группы P3107  
Добрышкин Владимир Александрович

***Проверил:***Балакшин Павел Валерьевич

кандидат технических наук, доцент факультета ПИиКТ

Содержание

[Задание 3](#_Toc178174515)

[Основные этапы вычисления 4](#_Toc178174516)

[Заключение 8](#_Toc178174517)

[Список литературы 9](#_Toc178174518)

# 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

**Обязательное задание:**

Задание 1: Построение схемы декодирования классического кода Хэмминга (7;4)

*Таблица 1.1 – схема декодирования классического кода Хэмминга (7;4)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |
| 2n | r1 | r2 | i1 | r3 | i2 | i3 | i4 | S |
| 1 | Х |  | Х |  | Х |  | Х | s1 |
| 2 |  | Х | Х |  |  | Х | Х | s2 |
| 4 |  |  |  | Х | Х | Х | Х | s3 |

s1 = r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 – составляющий синдром s1

s2 = r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 – составляющий синдром s2

s3 = r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 – составляющий синдром s3

S = s1s2s3 – синдром S

Nо = s1 **×** 1 + s2 **×** 2 + s3 **×** 4 – номер ошибочного бита

…

Задание 2: № 42

*Таблица 1.2 – схема декодирования классического кода Хэмминга (7;4) для №42*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |
|  | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |  |
| 2n | r1 | r2 | i1 | r3 | i2 | i3 | i4 | S |
| 1 | Х |  | Х |  | Х |  | Х | s1 |
| 2 |  | Х | Х |  |  | Х | Х | s2 |
| 4 |  |  |  | Х | Х | Х | Х | s3 |

s1 = r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 = 1 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 0 = 0 – составляющий синдром s1

s2 = r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 = 1 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 0 = 1 – составляющий синдром s2

s3 = r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 = 1 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 0 = 0 – составляющий синдром s3

S = s1s2s3 = 010 – синдром S

Nо = s1 **×** 1 + s2 **×** 2 + s3 **×** 4 = 0**×** 1 + 1 **×** 2+0**×**4 = 2 ⇒ ошибка в символе r2

Правильное сообщение: 1011010

Задание 3: № 74

*Таблица 1.3 – схема декодирования классического кода Хэмминга (7;4) для №74*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |
|  | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |  |
| 2n | r1 | r2 | i1 | r3 | i2 | i3 | i4 | S |
| 1 | Х |  | Х |  | Х |  | Х | s1 |
| 2 |  | Х | Х |  |  | Х | Х | s2 |
| 4 |  |  |  | Х | Х | Х | Х | s3 |

s1 = r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 = 0 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1 – составляющий синдром s1

s2 = r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 = 0 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 1 = 0 – составляющий синдром s2

s3 = r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 = 1 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 1 = 1 – составляющий синдром s3

S = s1s2s3 = 101 – синдром S

Nо = s1 **×** 1 + s2 **×** 2 + s3 **×** 4 = 1**×** 1 + 0 **×** 2+1**×**4 = 5 ⇒ ошибка в символе i2

Правильное сообщение: 0011001

Задание 4: № 106

*Таблица 1.4 – схема декодирования классического кода Хэмминга (7;4) для №106*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |
|  | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |  |
| 2n | r1 | r2 | i1 | r3 | i2 | i3 | i4 | S |
| 1 | Х |  | Х |  | Х |  | Х | s1 |
| 2 |  | Х | Х |  |  | Х | Х | s2 |
| 4 |  |  |  | Х | Х | Х | Х | s3 |

s1 = r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 = 1 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1 – составляющий синдром s1

s2 = r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 = 0 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 = 0 – составляющий синдром s2

s3 = r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 = 0 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1 – составляющий синдром s3

S = s1s2s3 = 101 – синдром S

Nо = s1 **×** 1 + s2 **×** 2 + s3 **×** 4 = 1**×** 1 + 0 **×** 2+1**×**4 = 5 ⇒ ошибка в символе i2

Правильное сообщение: 1000111

Задание 5: № 26

*Таблица 1.5 – схема декодирования классического кода Хэмминга (15;11) для № 26*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |
|  | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |  |
| 2n | r1 | r2 | i1 | r3 | i2 | i3 | i4 | S |
| 1 | Х |  | Х |  | Х |  | Х | s1 |
| 2 |  | Х | Х |  |  | Х | Х | s2 |
| 4 |  |  |  | Х | Х | Х | Х | s3 |

s1 = r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 = 1 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 1 = 0 – составляющий синдром s1

s2 = r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 = 1 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 1 = 0 – составляющий синдром s2

s3 = r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 = 0 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 1 = 1 – составляющий синдром s3

S = s1s2s3 = 001 – синдром S

Nо = S1 **×** 1 + S2 **×** 2 + S3 **×** 4 = 0**×** 1 + 0 **×** 2 + 1 **×** 4 = 4 ⇒ ошибка в символе r3

Правильное сообщение: 1101001

Задание 6: Построить схему декодирования классического кода Хэмминга (15;11)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |  |
| 2n | r1 | r2 | i1 | r3 | i2 | i3 | i4 | r4 | i5 | i6 | i7 | i8 | i9 | i10 | i11 | S |
| 1 | Х |  | Х |  | Х |  | Х |  | X |  | X |  | X |  | X | s1 |
| 2 |  | Х | Х |  |  | Х | Х |  |  | X | X |  |  | X | X | s2 |
| 4 |  |  |  | Х | Х | Х | Х |  |  |  |  | X | X | X | X | s3 |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  | X | X | X | X | X | X | X | X | s4 |

*Таблица 1.6 – схема декодирования классического кода Хэмминга (15;11)*

s1 = r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 ⊕ i5 ⊕ i7 ⊕ i9 ⊕ i11 – составляющий синдром s1

s2 = r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 ⊕ i6 ⊕ i7 ⊕ i10 ⊕ i11 – составляющий синдром s2

s3 = r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 ⊕ i8 ⊕ i9 ⊕ i10 ⊕ i11 – составляющий синдром s3

s4 = r4 ⊕ i5 ⊕ i6 ⊕ i7 ⊕ i8 ⊕ i9 ⊕ i10 ⊕ i11 – составляющий синдром s4

S = s1s2s3s4 – синдром S

Nо = s1 **×** 1 + s2 **×** 2 + s3 **×** 4 + s4 **×** 8 – номер ошибочного бита

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |  |
|  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |  |
| 2n | r1 | r2 | i1 | r3 | i2 | i3 | i4 | r4 | i5 | i6 | i7 | i8 | i9 | i10 | i11 | S |
| 1 | Х |  | Х |  | Х |  | Х |  | X |  | X |  | X |  | X | s1 |
| 2 |  | Х | Х |  |  | Х | Х |  |  | X | X |  |  | X | X | s2 |
| 4 |  |  |  | Х | Х | Х | Х |  |  |  |  | X | X | X | X | s3 |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  | X | X | X | X | X | X | X | X | s4 |

*Таблица 1.7 – схема декодирования классического кода Хэмминга (15;11) для № 62*

Задание 7: № 62

s1 = r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 ⊕ i5 ⊕ i7 ⊕ i9 ⊕ i11 = 0 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 1= 1 – составляющий синдром s1

s2 = r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 ⊕ i6 ⊕ i7 ⊕ i10 ⊕ i11 = 1 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 = 0 – составляющий синдром s2

s3 = r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 ⊕ i8 ⊕ i9 ⊕ i10 ⊕ i11 = 0 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1= 0 – составляющий синдром s3

s4 = r4 ⊕ i5 ⊕ i6 ⊕ i7 ⊕ i8 ⊕ i9 ⊕ i10 ⊕ i11 = 1 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1 – составляющий синдром s4

S = s1s2s3s4 = 1001 – синдром S

Nо = s1 **×** 1 + s2 **×** 2 + s3 **×** 4 + s4 **×** 8 = 1**×** 1 + 0 **×** 2 + 0 **×** 4 + 1 **×** 8 = 9 ⇒ ошибка в символе i5

Правильное сообщение: 010001110100011

Задание 8:

(42 + 74 + 106 + 26 + 62) \* 4 = 1240

Информационных разрядов в сообщении: 1240.

211 >= 1240 + 11 + 1, значит минимальное число проверочных разрядов r равно 11.

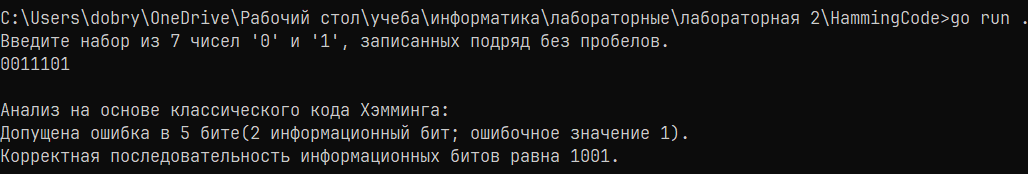
Коэффициент избыточности равен r / n = r / (r + i) = 11 / (11 + 1240) **≈ 0,00088**

**Ответ:11; 0,00088**

**Дополнительное задание №1:**

Исходный код:

<https://github.com/vodobryshkin/VT-ITMO-Labs/tree/main/1%20%D0%9A%D1%83%D1%80%D1%81/%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0/%D0%9B%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%E2%84%962/HammingCode>

*Рисунок 1 - Пример запуска программы*

# Заключение

В ходе проделанной работы, я изучил технологию избыточного кодирования – Кода Хэмминга – которая позволяет исправлять различные ошибки при передаче информации. Я закрепил знания, полученные на лекции, а так же на практике убедился в эффективности метода. Написал программу на языке Go для проверки сообщения на наличие ошибок, а так же указания на них с использованием классического кода Хэмминга.

# Список литературы

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.