Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего

образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

**Лабораторная работа №2.**

**Синтез помехоустойчивого кода.**

**Вариант №409856=95.**

Выполнил студент

1-го курса гр. P3131

Чураков Александр Алексеевич

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Преподаватель

Авксентьева Елена Юрьевна,

Доцент факультета ПИиКТ

Санкт-Петербург 2023

Оглавление

[Задание 3](#_Toc147651030)

[Основные этапы вычисления 4](#_Toc147651031)

[Задание 1–79 4](#_Toc147651032)

[Задание 2–9 4](#_Toc147651033)

[Задание 3–51 5](#_Toc147651034)

[Задание 4–91 5](#_Toc147651035)

[Задание 5–93 6](#_Toc147651036)

[Задание 6 – (79 + 9 + 51 + 91 + 93) \* 4 = 1292 6](#_Toc147651037)

[Задание 7 7](#_Toc147651038)

[Контрольные вопросы 8](#_Toc147651039)

[Вывод 9](#_Toc147651040)

[Список использованной литературы 9](#_Toc147651041)

# 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 = 12**3**4**5**6, 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

## Задание 1–79

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

s1 = r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 = 1 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1

s2 = r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 = 0 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 1 = 1

s3 = r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 = 1 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 1 = 1

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

s = (s1, s2, s3) = 111 ⇒ ошибка в символе i4

Правильное сообщение: 0100

## Задание 2–9

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

s1 = r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 = 1 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 0 = 1

s2 = r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 = 0 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 0 = 0

s3 = r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 = 1 ⊕ 0 ⊕ 0 ⊕ 0 = 1

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

s = (s1, s2, s3) = 101 ⇒ ошибка в символе i2

Правильное сообщение: 0100

## Задание 3–51

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

s1 = r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 = 1 ⊕ 1 ⊕ 0 ⊕ 1 = 1

s2 = r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 = 0 ⊕ 1 ⊕ 1⊕ 1 = 1

s3 = r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 = 0 ⊕ 0 ⊕ 1 ⊕ 1 = 0

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

s = (s1, s2, s3) = 110 ⇒ ошибка в символе i1

Правильное сообщение: 0011

## Задание 4–91

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

s1 = r1 ⊕ i1 ⊕ i2 ⊕ i4 = 0 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 0 = 0

s2 = r2 ⊕ i1 ⊕ i3 ⊕ i4 = 1 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 0 = 1

s3 = r3 ⊕ i2 ⊕ i3 ⊕ i4 = 1 ⊕ 1 ⊕ 1 ⊕ 0 = 1

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

s = (s1, s2, s3) = 011 ⇒ ошибка в символе i3

Правильное сообщение: 1100

## Задание 5–93

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| r1 | r2 | i1 | r3 | i2 | i3 | i4 | r4 | i5 | i6 | i7 | i8 | i9 | i10 | i11 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |

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

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

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

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

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

s = (s1, s2, s3, s4) = 1001 ⇒ ошибка в символе i5

Правильное сообщение: 11010010101

## Задание 6 – (79 + 9 + 51 + 91 + 93) \* 4 = 1292

Информационных разрядов в передаваемом сообщении: 1292

Пусть будет r проверочных разрядов. Тогда всего бит в сообщении: 2r – 1, а информационных бит (т.е. разрядов) 2r – r – 1. Найдем r такое, что 2r - 1 – (r – 1) – 1 < 1292 ⩽ 2r – r – 1

Подходит r = 11:

211 – 11 – 1 = 2036 > 1292 > 1013 = 210 – 10 – 1

Значит, коэффициент избыточности = r / (i + r) = 11 / (1292 + 11) ≈ 0.00844205679201842

Ответ: r = 11, коэффициент избыточности ≈ 0.00844205679201842

## Задание 7

def validate\_input(string):  
 if bool(set(string) - {'1', '0'}) or len(string) != 7:  
 print('Строка введена некорректно')  
 exit(1)  
  
  
def input\_to\_bits(string):  
 return list(map(int, list(string)))  
  
  
def syndrome(arr):  
 s1 = (arr[0] + arr[2] + arr[4] + arr[6]) % 2  
 s2 = (arr[1] + arr[2] + arr[5] + arr[6]) % 2  
 s3 = (arr[3] + arr[4] + arr[5] + arr[6]) % 2  
 return (s1, s2, s3)  
  
  
def has\_error(arr):  
 return syndrome(arr) != (0, 0, 0)  
  
  
def error\_index(arr):  
 return int(''.join(map(str, syndrome(arr)[::-1])), 2)  
  
  
def error\_symbol(arr):  
 return {1: 'r1', 2: 'r2', 3: 'i1', 4: 'r3', 5: 'i2', 6: 'i3', 7: 'i4'}[error\_index(arr)]  
  
  
def inf\_bits(arr):  
 return [arr[2], arr[4], arr[5], arr[6]]  
  
  
def make\_result\_message(bits):  
 return ''.join(map(str, bits))  
  
  
def fixed\_message(arr):  
 if not has\_error(arr) or error\_symbol(arr)[0] == 'r':  
 return make\_result\_message(inf\_bits(arr))  
  
 ind = int(error\_symbol(arr)[1]) - 1  
 result = inf\_bits(arr)  
 result[ind] = (result[ind] + 1) % 2  
 return make\_result\_message(result)  
  
  
inp = input('Введите изначальное сообщение: ')  
validate\_input(inp)  
  
bits = input\_to\_bits(inp)  
if has\_error(bits):  
 print(f'Ошибка в бите: {error\_symbol(bits)}')  
else:  
 print('Сообщение безошибочно')  
  
print(f'Правильное сообщение: {fixed\_message(bits)}')

Пример работы программы представлен на Рисунке 1 и Рисунке 2

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана

Автоматически созданное описание

Рисунок 1

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана

Автоматически созданное описание

Рисунок 2

# Контрольные вопросы

1. Чем классический код Хэмминга отличается от неклассического кода Хэмминга?

В неклассическом коде Хэмминга значение некоторых информационных битов не влияет на содержание сообщения.

Классический код Хэмминга может обнаруживать и исправлять одиночные ошибки, то есть ошибки, которые затрагивают только один бит данных. Неклассический код Хэмминга может обнаруживать и исправлять несколько ошибок, в зависимости от его конкретной реализации.

1. Необходимо передать 20 информационных бит. Каким классических кодом Хэмминга необходимо воспользоваться? Чем будут заполнены оставшиеся информационные биты?

Воспользуемся кодом (25, 20), в котором будет 5 проверочных бит, неиспользованных информационных бит не останется.

1. В результате выполнения некоторого алгоритма коэффициент сжатия получился разным 0,05. Что это означает?

Значит отношение несжатой информации к сжатой равняется 0,05.

1. Чем контрольная сумма отличается от бита чётности?

Бит чётности — это частный случай контрольной суммы, равной 1. Значение бита четности равно 1, если в исходном сообщении нечетное кол-во 1 и равняется 0 если четное.

1. Для чего нужны различные способы обработки блоков данных, полученных с ошибкой в результате передачи?

Разные каналы связи проводят разное количество ошибок.

1. Что такое запрещённые комбинации?

Комбинации, в которых отношение информационных и проверочных битов невозможно.

1. Чем отличается коэффициент сжатия от коэффициента избыточности?

Коэффициент сжатия – отношение размера входного потока к выходному потоку.

Коэффициент избыточности – отношение числа проверочных разрядов(r) к общему числу разрядов(n)

# Вывод

В процессе выполнения лабораторной работы я научился работать с кодом Хэмминга, что-то написал на питоне (давно этого не делал), научился вставлять в Word-файл код с подсветкой синтаксиса.

# Список использованной литературы

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