**Лабораторная работа №2**

**Синтез помехоустойчивого кода**

**Вариант №61**

Выполнил:

Караганов Павел Эдуардович

Группа P3110

Проверил:

Балакшин Б. В. (ординарный доцент)

Рыбаков С. Д. (преподаватель практики)

Оглавление

[Задание 3](#_Toc178776297)

[Основные этапы вычисления 3](#_Toc178776298)

[1.1 Задание №43 3](#_Toc178776299)

[1.2 Задание №80 3](#_Toc178776300)

[1.3 Задание №5 3](#_Toc178776301)

[1.4 Задание №42 3](#_Toc178776302)

[2.1 Задание №61 3](#_Toc178776303)

[3.1 Задание №924 ((43 + 80 + 5 + 42 + 61) \* 4) 3](#_Toc178776304)

[Доп. задание 3](#_Toc178776305)

[Заключение 3](#_Toc178776306)

[Список использованных источников 3](#_Toc178776307)

# 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

## 1.1 Задание №43

1. Ход решения

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| r1 | r2 | i1 | r3 | i2 | i3 | i4 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

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

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

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

1. Ход решения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 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) = 100. Значит ошибка в r1.

Ответ: 0011

## 1.2 Задание №80

1. Ход решения

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| r1 | r2 | i1 | r3 | i2 | i3 | i4 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

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

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

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

1. Ход решения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 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) = 001. Значит ошибка в r4.

Ответ: 1101

## 1.3 Задание №5

1. Ход решения

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| r1 | r2 | i1 | r3 | i2 | i3 | i4 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

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

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

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

1. Ход решения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 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. Значит ошибка в i3.

Ответ: 0010

## 1.4 Задание №42

1. Ход решения

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| r1 | r2 | i1 | r3 | i2 | i3 | i4 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |

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

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

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

1. Ход решения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 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) = 010. Значит ошибка в r2.

Ответ: 1010

## 2.1 Задание №61

1. Ход решения

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

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

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

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

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

Таблица 10.1 - Ход решения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |  |
| 2x | r1 | r2 | i1 | r3 | i2 | i3 | i4 | r5 | i5 | i6 | i7 | i8 | i9 | i10 | i11 | S |

Таблица 10.2 – Ход решения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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) = 0001. Значит ошибка в r5.

Ответ: 00111010011

## 3.1 Задание №924 ((43 + 80 + 5 + 42 + 61) \* 4)

Информационных разрядов в передаваемом сообщении = 924. Пусть r – количество битов чётности. Тогда в классическом коде Хэмминга в сообщении будет не больше 2r символов, а с другой стороны, количество разрядов будет i + r +1. Следовательно, верно следующее неравенство, которое надо решить в натуральных числах: 2r >= i + r + 1. Отсюда min(r) = 10. Значит, для 924 информационных разрядов минимальное число разрядов равно 10, а коэффициент избыточности = 10/(924+10) ≈ 0,0107066.

Ответ: r = 10; коэффициент избыточности ≈ 0,0107066.

# Доп. задание

<https://pastebin.com/TRAziYsx>

#include <iostream>

#include <string>

#include <vector>

#include <algorithm>

#include <map>

#include <set>

#include <queue>

#include <deque>

#include <stack>

#include <math.h>

#include <Windows.h>

#define ll long long

const int INF = 1e9;

using namespace std;

int main() {

vector <int> r;

vector <int> inf;

char a = 0;

vector <char> start(7, 0);

for (int i = 1; i <= 7; i++) {

cin >> start[i - 1];

if (i && (!(i & (i - 1)))) {

r.push\_back(start[i - 1] - 48);

}

else {

inf.push\_back(start[i - 1] - 48);

}

}

int s1 = r[0] ^ inf[0] ^ inf[1] ^ inf[3];

int s2 = r[1] ^ inf[0] ^ inf[2] ^ inf[3];

int s3 = r[2] ^ inf[1] ^ inf[2] ^ inf[3];

int s = s3 \* 4 + s2 \* 2 + s1;

if (s == 0) {

cout << "No errors\n";

for (int a : start) {

cout << a;

}

}

else if (s && (!(s & (s - 1)))) {

cout << "There are no errors in the information bits\nCorrect sequence: ";

for (int i : inf) {

cout << i;

}

}

else {

cout << "Error in " << s << "th information bit\nCorrect sequence: ";

for (int i = 0; i < 7; i++) {

if (i + 1 == s) {

start[i] = (start[i] - 48) ? 48 : 49;

}

if (!((i + 1) && (!((i + 1) & i)))) {

cout << start[i];

}

}

}

}

# Заключение

В процессе работы с кодами Хэмминга я освоил основы кодирования и исправления ошибок, изучил их структуру, арифметические операции, применение в практике и оптимизацию. Эти знания помогли мне лучше понять процессы обнаружения и исправления ошибок в передаваемых данных, а также их значимость для надежности и целостности информации в различных IT-областях.

# Список использованных источников

* А. Е. Манохин Радиотехнические системы передачи информации. изд. Екатеринбург: Уральский университет, 2013. – URL: <https://study.urfu.ru/Aid/Publication/11784/1/Manohin.pdf> (дата обращения 02.10.2024)
* Васин, В.А. Информационные технологии в радиотехнических системах / В. А. Васин, И. Б. Власов, Ю. М. Егоров и др.; под ред. И. Б. Федорова – М.: Изд. МГТУ, 2004. - URL: <https://studizba.com/show/1092038-1-vasin-vi-informacionnye-tehnologii-v.html> (дата обращения 23.09.2024)