

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

Факультет Программной Инженерии и Компьютерной Техники

Лабораторная работа №2

Синтез помехоустойчивого кода

Вариант 59

Выполнил:

Горин Семён Дмитриевич

Группа Р3108

Проверила:

Бострикова Дарья Константиновна

Санкт-Петербург 2024

Содержание

Задание.....	3
Основные задания л/р.....	3
Задание 1	3
Задание 2.1 – № 44	4
Задание 2.2 – № 76	4
Задание 2.3 – № 108.....	4
Задание 2.4 – № 28	5
Задание 3	5
Задание 4 – № 59	6
Задание 5	6
Дополнительное задание.....	6
Вывод:.....	6
Источники:.....	6

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.

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 задания л/р

Задание 1

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

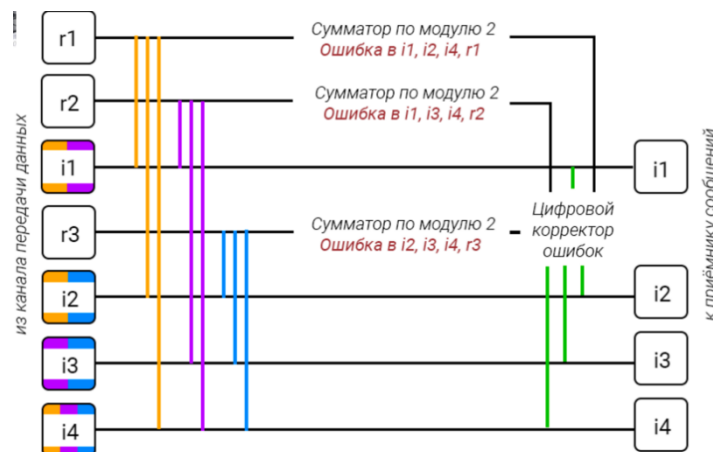


Рисунок 1

Задание 2.1 – № 44

r ₁	r ₂	i ₁	r ₃	i ₂	i ₃	i ₄
0	0	0	1	0	1	1

Расчет синдрома:

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

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

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

S (s₁, s₂, s₃) = 101, таким образом ошибка в символе i₂.

	1	2	3	4	5	6	7	
2 ^x	r ₁	r ₂	i ₁	r ₃	i ₂	i ₃	i ₄	S
1	X	-	X	-	X	-	X	s ₁
2	-	X	X	-	!	X	X	s ₂
4	-	-	-	X	X	X	X	s ₃

Верное Сообщение: 0001111

Задание 2.2 – № 76

r ₁	r ₂	i ₁	r ₃	i ₂	i ₃	i ₄
0	1	1	0	1	0	1

Расчет синдрома:

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

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

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

S (s₁, s₂, s₃) = 110, таким образом ошибка в символе i₁.

	1	2	3	4	5	6	7	
2 ^x	r ₁	r ₂	i ₁	r ₃	i ₂	i ₃	i ₄	S
1	X	-	X	-	X	-	X	s ₁
2	-	X	X	-	-	X	X	s ₂
4	-	-	!	X	X	X	X	s ₃

Верное Сообщение: 0100101

Задание 2.3 – № 108

r ₁	r ₂	i ₁	r ₃	i ₂	i ₃	i ₄
1	0	1	0	1	1	1

Расчет синдрома:

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

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

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

$S(s_1, s_2, s_3) = 011$, 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	S
1	X	-	X	-	X	-	X	s_1
2	-	X	X	-	-	X	X	s_2
4	-	-	-	X	X	X	X	s_3

Верное Сообщение: 1010101

Задание 2.4 – № 28

r_1	r_2	i_1	r_3	i_2	i_3	i_4
1	1	1	1	0	0	1

Расчет синдрома:

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

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

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

$S(s_1, s_2, s_3) = 110$, таким образом ошибка в символе i_1 .

	1	2	3	4	5	6	7	
2^x	r_1	r_2	i_1	r_3	i_2	i_3	i_4	S
1	X	-	X	-	X	-	X	s_1
2	-	X	X	-	-	X	X	s_2
4	-	-	-	X	X	X	X	s_3

Верное Сообщение: 1101001

Задание 3

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

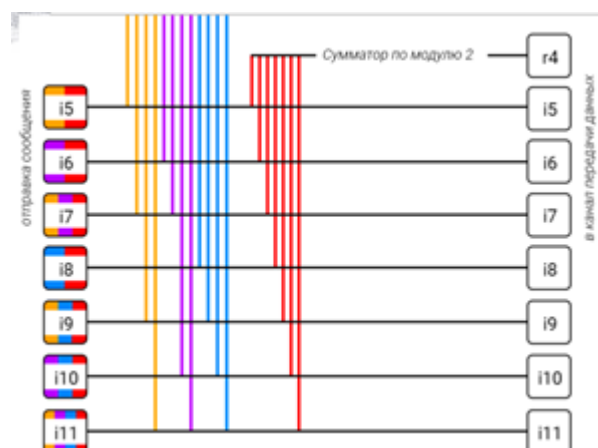


Рисунок 2

Задание 4 – № 59

r ₁	r ₂	i ₁	r ₃	i ₂	i ₃	i ₄	r ₄	i ₅	i ₆	i ₇	i ₈	i ₉	i ₁₀	i ₁₁
0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1

Расчет синдрома:

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

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

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

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

S (s₁, s₂, s₃, s₄) = 1101, таким образом ошибка в символе i₇.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
2 ^x	r ₁	r ₂	i ₁	r ₃	i ₂	i ₃	i ₄	r ₄	i ₅	i ₆	i ₇	i ₈	i ₉	i ₁₀	i ₁₁	S
1	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	s ₁
2	-	X	X	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	X	X	s ₂
4	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	s ₃
8	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	s ₄

Верное сообщение: 010001110100011

Задание 5

Число информационных разрядов $i = (44 + 76 + 108 + 28 + 59) * 4 = 1260$

Общее число бит сообщения вычисляется по формуле $n = 2^r - 1$, где r – количество проверочных бит. Таким образом число информационных разрядов можно вычислить по формуле $i = n - r = 2^r - 1 - r$.

Тогда для того чтобы найти необходимое для кодирования число проверочных разрядов необходимо решить неравенство: $2^{r-1} - 1 - (r - 1) < 1260 < 2^r - 1 - r$.

Так как r – натуральное число, найдем его перебором. $r = 11$ подходит.

Таким образом коэффициент избыточности $r / n = r / (i + r) = 11 / 1271 \approx 0,0086546$

Дополнительное задание

Ссылка на листинг программы на [Github](#).

Вывод:

В ходе выполнения лабораторной работы я узнал о помехоустойчивых кодах, вручную вычислил синдромы некоторых сообщений и смог исправить в них ошибочные биты, а также написал программу позволяющую устранять ошибки в сообщениях использующих классический код Хэмминга(7;4).

Источники:

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