



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МИРЭА - Российский технологический университет»

**РТУ МИРЭА**

---

---

Кафедра автоматических систем

**ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №6**  
по дисциплине  
«Сети и системы передачи информации»

«Помехоустойчивое кодирование. Код Хэмминга»

**Работу выполнил:** Савилов Дмитрий Алексеевич

**Группа:** ККСО-04-19

\_\_\_\_\_  
*Подпись*

**Работу проверил:** Новоженин Максим Борисович

\_\_\_\_\_  
*Подпись*

Работа представлена к защите «\_\_»\_\_\_\_\_2022 г.

Москва 2022

## **Лабораторная работа №6**

### **Помехоустойчивое кодирование. Код Хэмминга**

**Цель:** ознакомление с принципами помехоустойчивого кодирования и приобретение практических навыков моделирования работы кодеров и декодеров.

#### **Задание 1. Формирование бита четности.**

Вариант 12 (10110111)

Сформировать бит четности (бит паритета) для заданного байта передаваемых данных. Исходными данными является последовательность 10110111.

Паритетный бит  $k$  для  $n$  - битного двоичного слова  $b_n \dots b_2 b_1$  вычисляется по формуле:

$$k = b_n \oplus \dots \oplus b_2 \oplus b_1$$

Таким образом число единиц в последовательности всегда будет четным. Получаем выражение:

$$k = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 0$$

Бит четности равен 1.

#### **Задание 2. Исследование помехоустойчивого кода с формированием бита четности.**

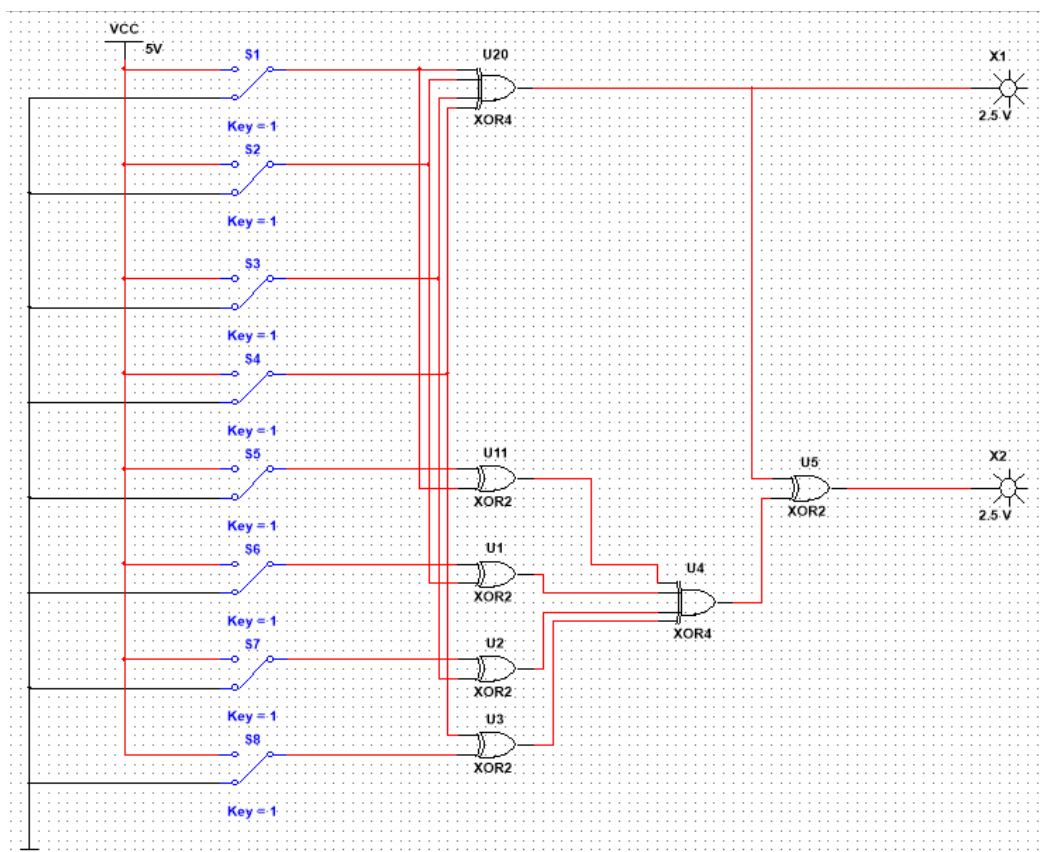


Рис 1. Схема для исследования кода с формированием бита четности

В данной схемы использованы следующие элементы:

- Функциональный генератор
- Заземление
- Ключ (8 шт.)
- Логический элемент ИЛИ с двумя, четырьмя, пятью входами
- 2 индикатора
- 2 индикатора

Вариант	Информационные биты $S_4 S_3 S_2 S_1$	Помехи $S_8 S_7 S_6 S_5$	Помехи $S_8 S_7 S_6 S_5$	Помехи $S_8 S_7 S_6 S_5$	Помехи $S_8 S_7 S_6 S_5$
12	1011	0000	1000	1001	1101

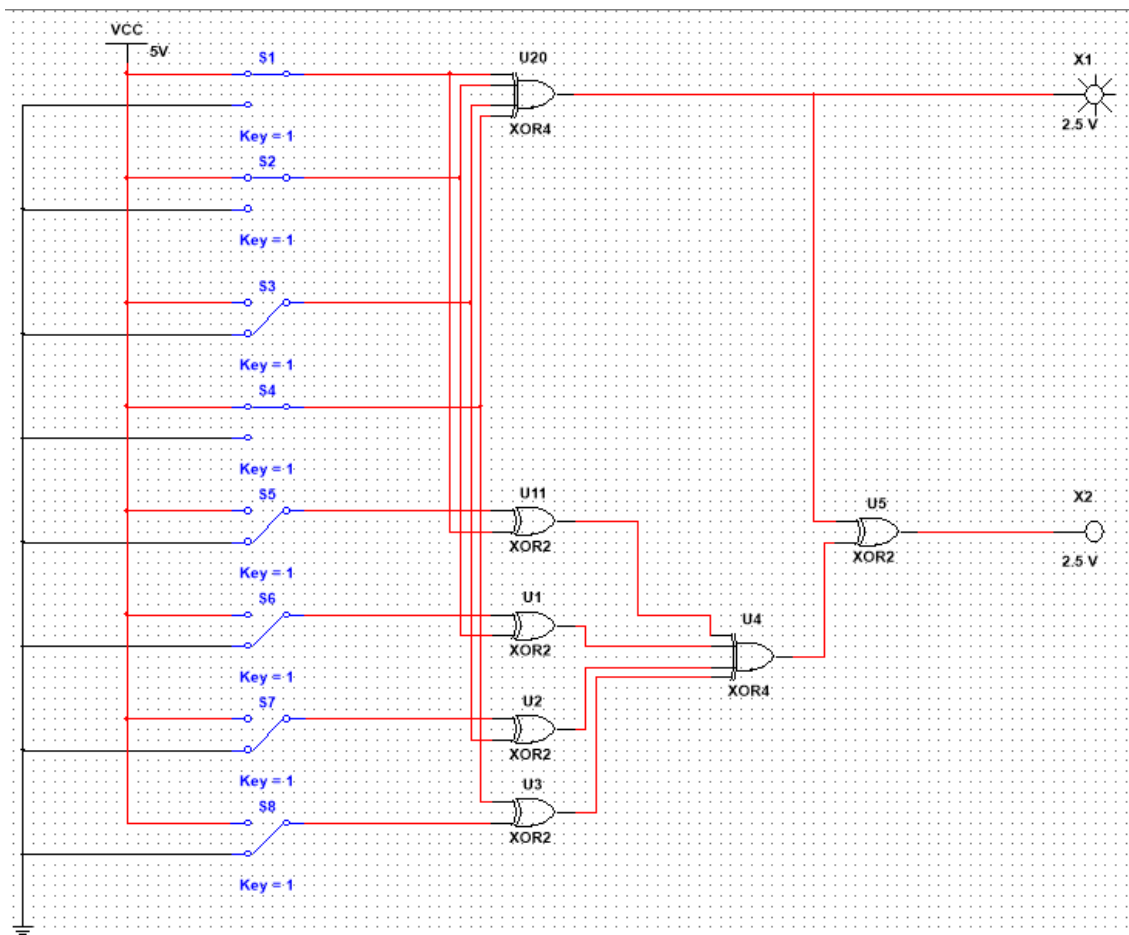


Рис 2. Помеха 1

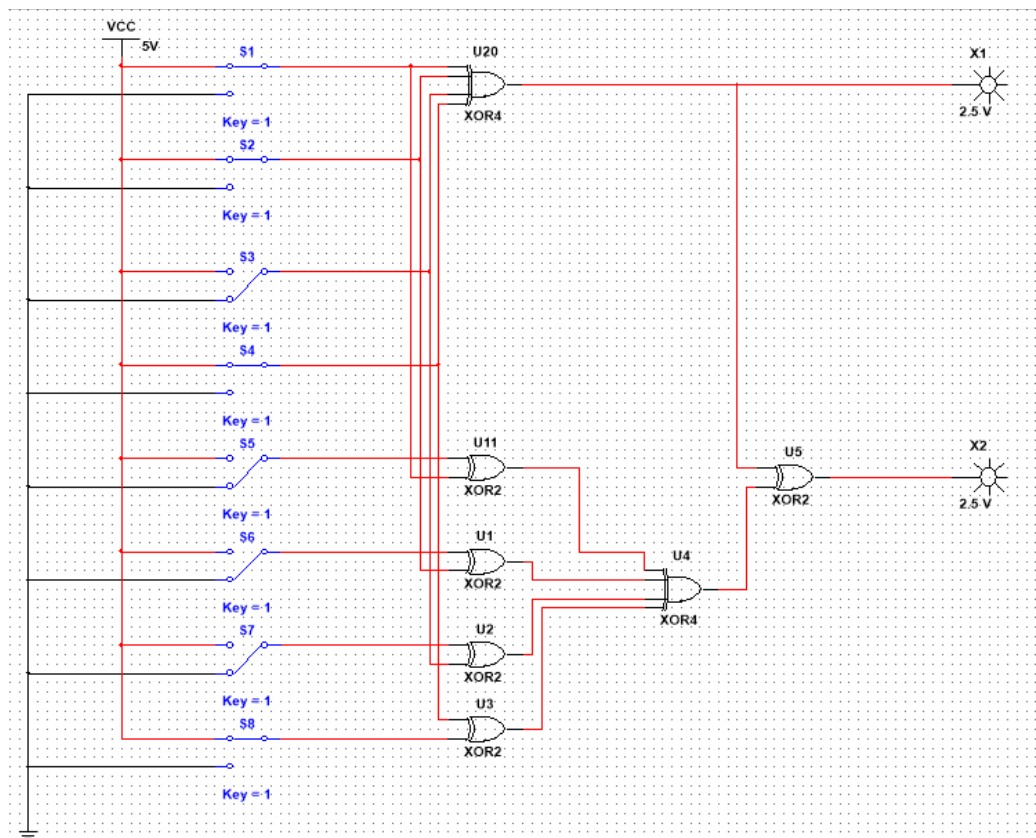


Рис 3. Помеха 2

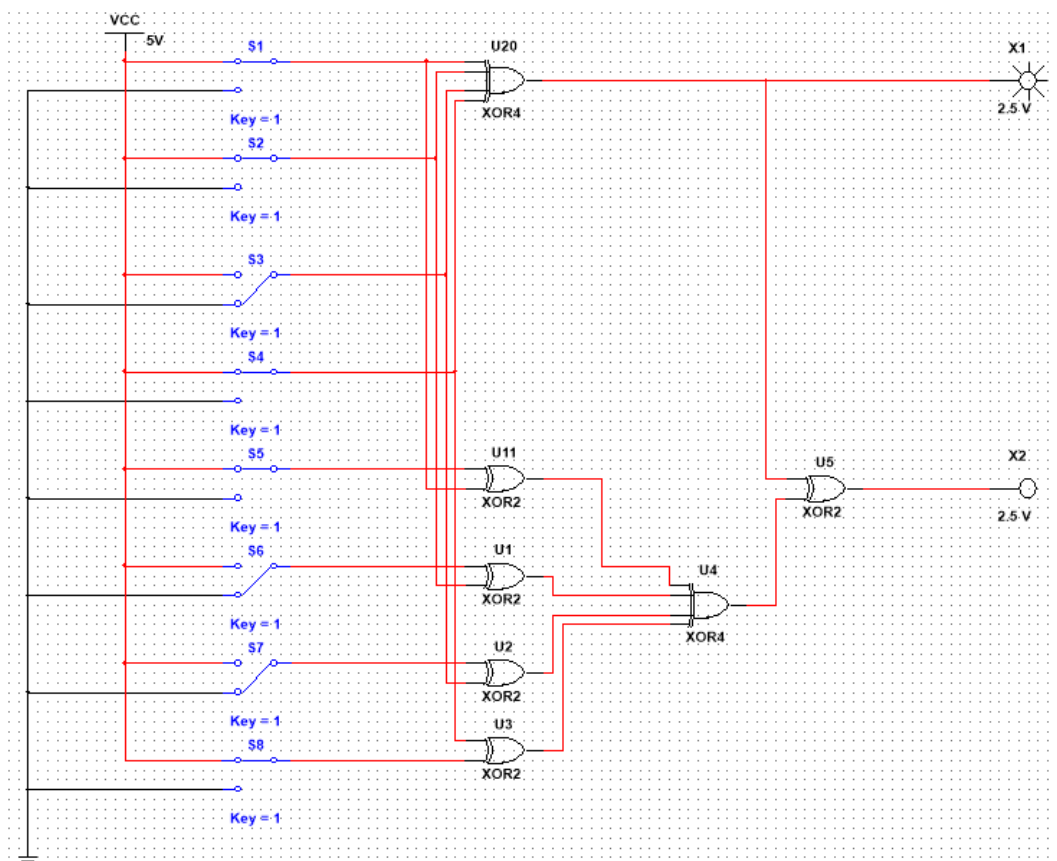


Рис 4. Помеха 3

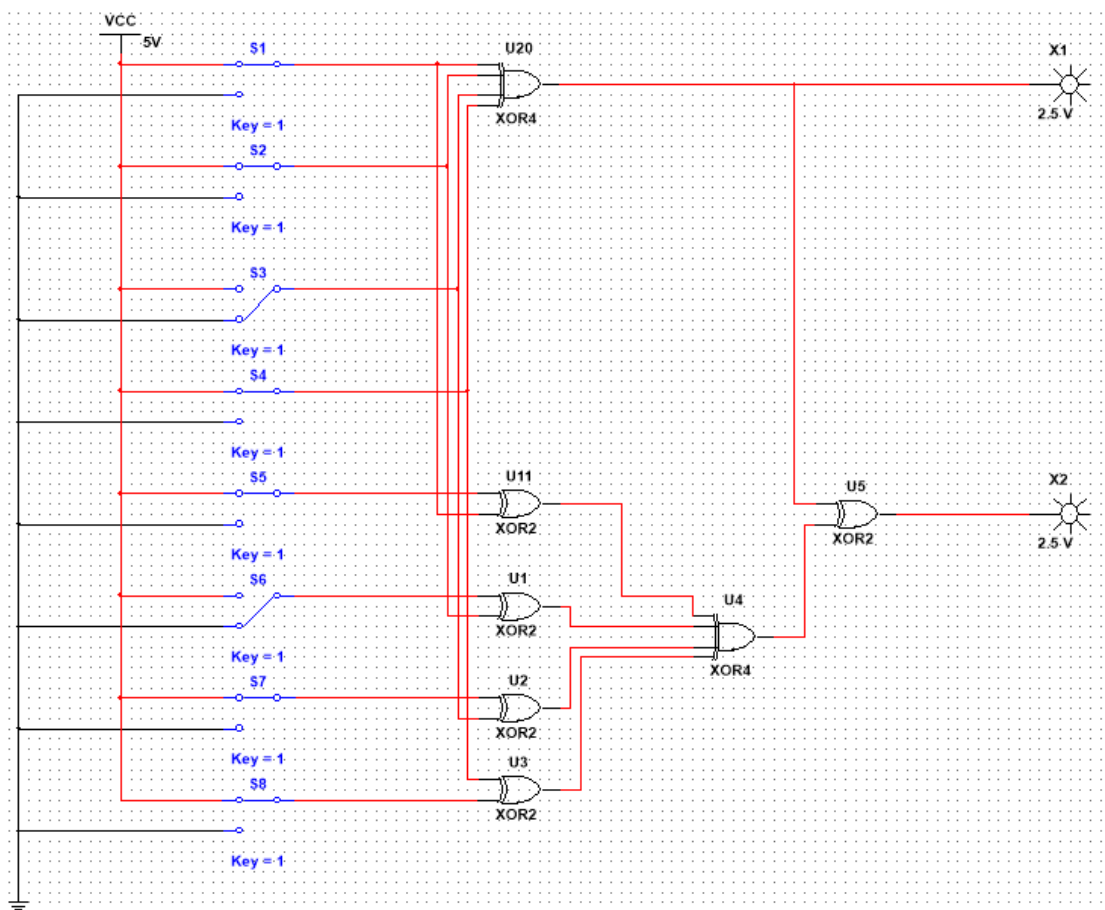


Рис 5. Помеха 4

№ помехи	Помехи $S_8 S_7 S_6 S_5$	Состояние индикатора $X_1$	Состояние индикатора $X_2$
1	0000	Горит	Не горит
2	1000	Горит	Горит
3	1001	Горит	Не горит
4	1101	Горит	Горит

### Задание 3. Исправление ошибки с помощью кода Хэмминга.

Расчётным путём (вручную) определить, в каком разряде принятого кода Хэмминга (12,8) произошло искажение.

Вариант	$i_8$	$i_7$	$i_6$	$i_5$	$k_4$	$i_4$	$i_3$	$i_2$	$k_3$	$i_1$	$k_2$	$k_1$
12	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1

Определим, какие группы информационных бит контролируют проверочные биты:

-  $i_1$  номер позиции  $3 = 2^0 + 2^1 = 1 + 2$ , поэтому информационный бит проверяется контрольными битами  $k_1, k_2$ ;

-  $i_2$  номер позиции  $5 = 2^0 + 2^2 = 1 + 4$ , поэтому информационный бит проверяется контрольными битами  $k_1, k_3$ ;

-  $i_3$  номер позиции  $6 = 2^1 + 2^2 = 2 + 4$ , поэтому информационный бит проверяется контрольными битами  $k_2, k_3$ ;

-  $i_4$  номер позиции  $7 = 2^0 + 2^1 + 2^2 = 1 + 2 + 4$ , поэтому информационный бит проверяется контрольными битами,  $k_1, k_2, k_3$ ;

-  $i_5$  номер позиции  $9 = 2^0 + 2^3 = 1 + 8$ , поэтому информационный бит проверяется контрольными битами,  $k_1, k_4$

-  $i_6$  номер позиции  $10 = 2^1 + 2^3 = 2 + 8$ , поэтому информационный бит проверяется контрольными битами,  $k_2, k_4$

-  $i_7$  номер позиции  $11 = 2^0 + 2^1 + 2^3 = 1 + 2 + 8$ , поэтому информационный бит проверяется контрольными битами,  $k_1, k_2, k_4$

-  $i_8$  номер позиции  $12 = 2^2 + 2^3 = 4 + 8$ , поэтому информационный бит проверяется контрольными битами,  $k_3, k_4$

$$k'_1 = i_1 \oplus i_2 \oplus i_4 \oplus i_5 \oplus i_7 = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 = 0$$

$$k'_2 = i_1 \oplus i_3 \oplus i_4 \oplus i_6 \oplus i_7 = 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

$$k'_3 = i_2 \oplus i_3 \oplus i_4 \oplus i_8 = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

$$k'_4 = i_5 \oplus i_6 \oplus i_7 \oplus i_8 = 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

$k$ -е биты на передающей и принимающей стороне отличаются  $\Rightarrow$  есть ошибка ( $k'_1 \neq k_1$ )

Определим синдром  $S = s_4 s_3 s_2 s_1$

$$s_1 = k_1 \oplus k'_1 = 1 \oplus 0 = 1$$

$$s_2 = k_2 \oplus k'_2 = 0 \oplus 0 = 0$$

$$s_3 = k_3 \oplus k'_3 = 1 \oplus 1 = 0$$

$$s_4 = k_4 \oplus k'_4 = 0 \oplus 0 = 0$$

$S = 0001_2 = 1 \Rightarrow 1$  бит искажены и их нужно инвертировать.

Вариант	$i_8$	$i_7$	$i_6$	$i_5$	$k_4$	$i_4$	$i_3$	$i_2$	$k_3$	$i_1$	$k_2$	$k_1$
12	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0

#### Задание 4. Исследование помехоустойчивого кода с формированием бита четности.

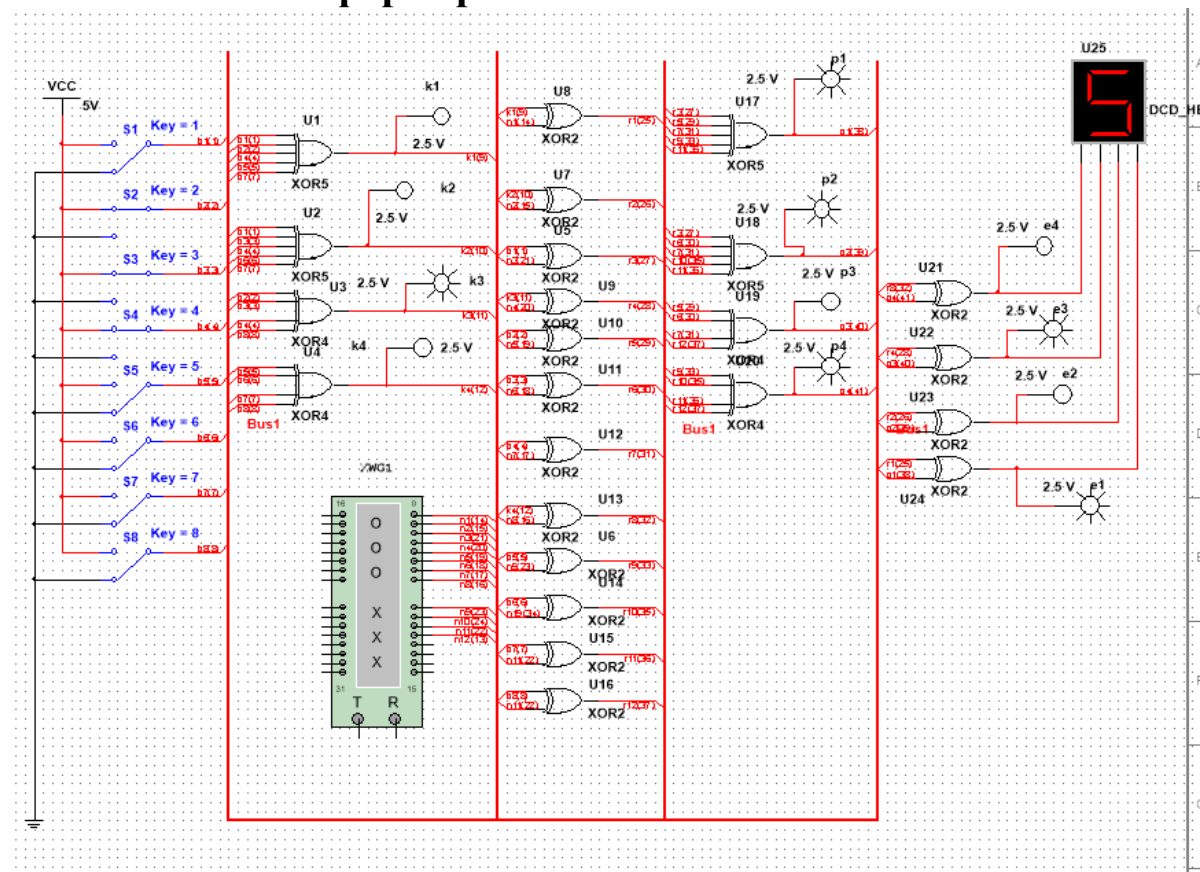


Рис 6. Схема моделирования кода Хэмминга в системе передачи информации

В данной схеме использованы следующие элементы:

- Функциональный генератор
- Заземление
- Переключатель
- Логический элемент ИЛИ с двумя, четырьмя, пятью входами
- Генератор слов
- Семисегментный индикатор



Результаты работы схемы Хэмминга:

Значение контрольных битов на приёмнике $p_1 p_2 p_3 p_4$	Синдром $e_1 e_2 e_3 e_4$	Искаженный бит
0010	0000	Искажений нет
0010	0001	$k_1$
0010	0010	$k_2$
1110	0011	$i_1$
0010	0100	$k_3$
1000	0101	$i_2$
0100	0110	$i_3$
1100	0111	$i_4$
0010	1000	$k_4$
1011	1001	$i_5$
0111	1010	$i_6$
1111	1011	$i_7$
0001	1100	$i_8$

### Вывод

Я ознакомился с принципами помехоустойчивого кодирования и приобрел практические навыки моделирования работы кодеров и декодеров, а также на практике исследовал моделирование работы кодеров и декодеров.