

# Лабораторная работа №6

## «Помехоустойчивое кодирование. Код Хэмминга»

Перепелица А.А., ККСО-01-19

Москва, 2022 г.

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

### 1 Задание №1: формирование бита чётности

#### 1.1 Формирование бита чётности

Сформировать бит чётности (бит паритета) для заданного байта передаваемых данных. Исходными данными является последовательность 10111010 (15-й вариант).

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 будет всегда чётным. Для нашего примера получим выражение:

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

Тогда  $k = 1$ , кодовая комбинация будет равна: 101110101.

## 2 Задание №2: Исследование помехоустойчивого кода с формированием бита чётности

### 2.1 Исходные данные для задания

Информационные биты $S_1, S_2, S_3, S_4$	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 $S_8, S_7, S_6, S_5$
1110	0000	0010	1100	1011

Таблица 1 - Исходные данные для задания №2

### 2.2 Перечень элементов, использованных в схемах, с их краткими характеристиками

- XOR5
- XOR4
- XOR2 - 4 шт.
- Цифровой источник питания
- Ключ - 8 шт.
- Индикатор - 2 шт.

### 2.3 Схема для моделирования процесса передачи информации по каналу связи

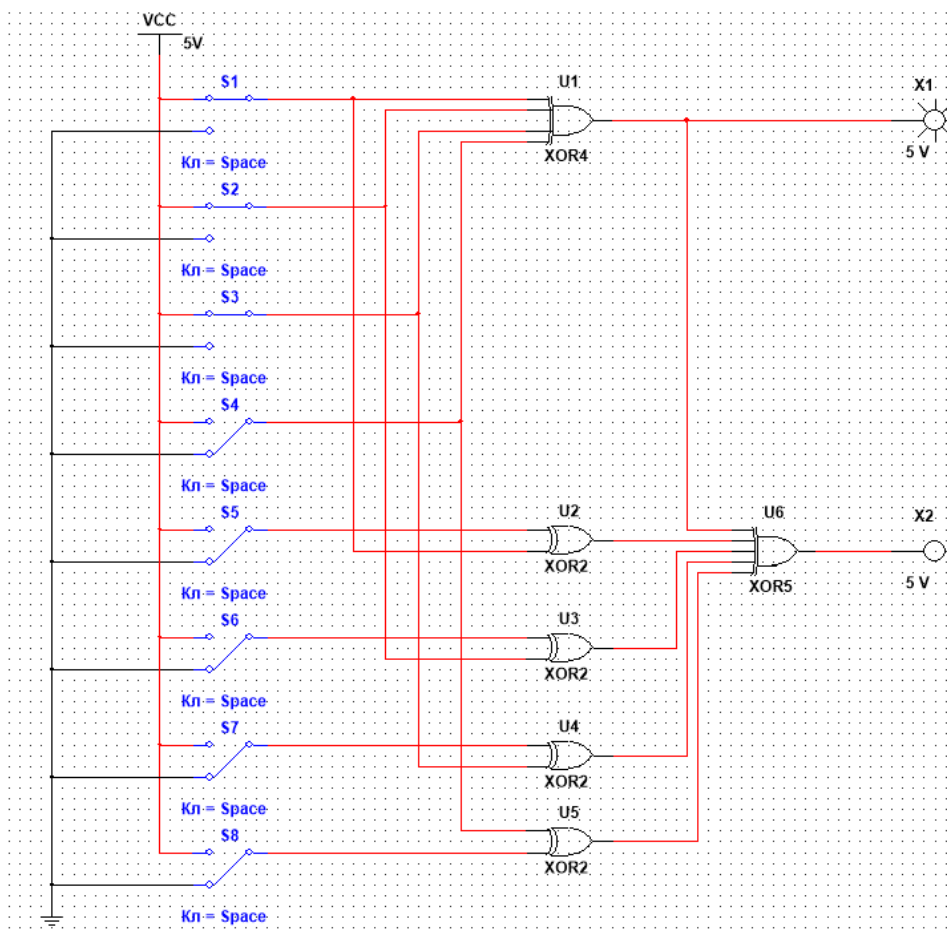


Рис. 1 - Схема для исследования кода с формированием бита чётности

## 2.4 Результаты расчетов

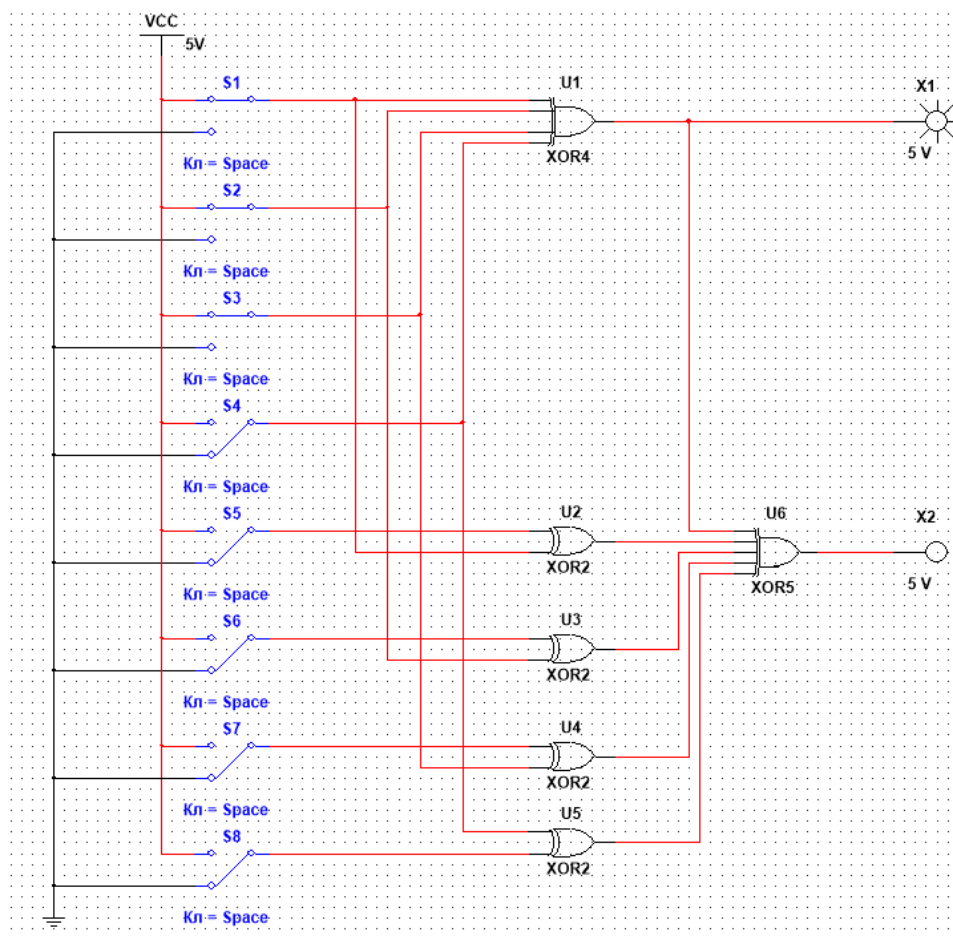


Рис. 2 - Схема при первой помехе - 0000.

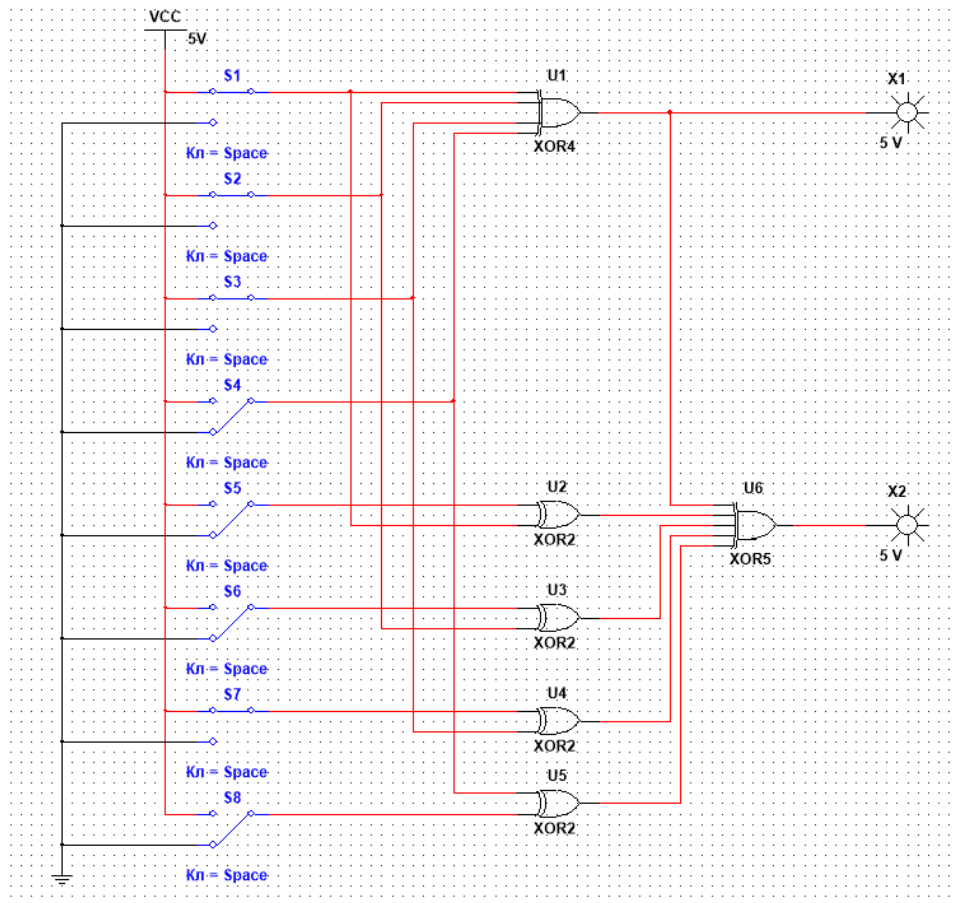


Рис. 3 - Схема при второй помехе - 0010.

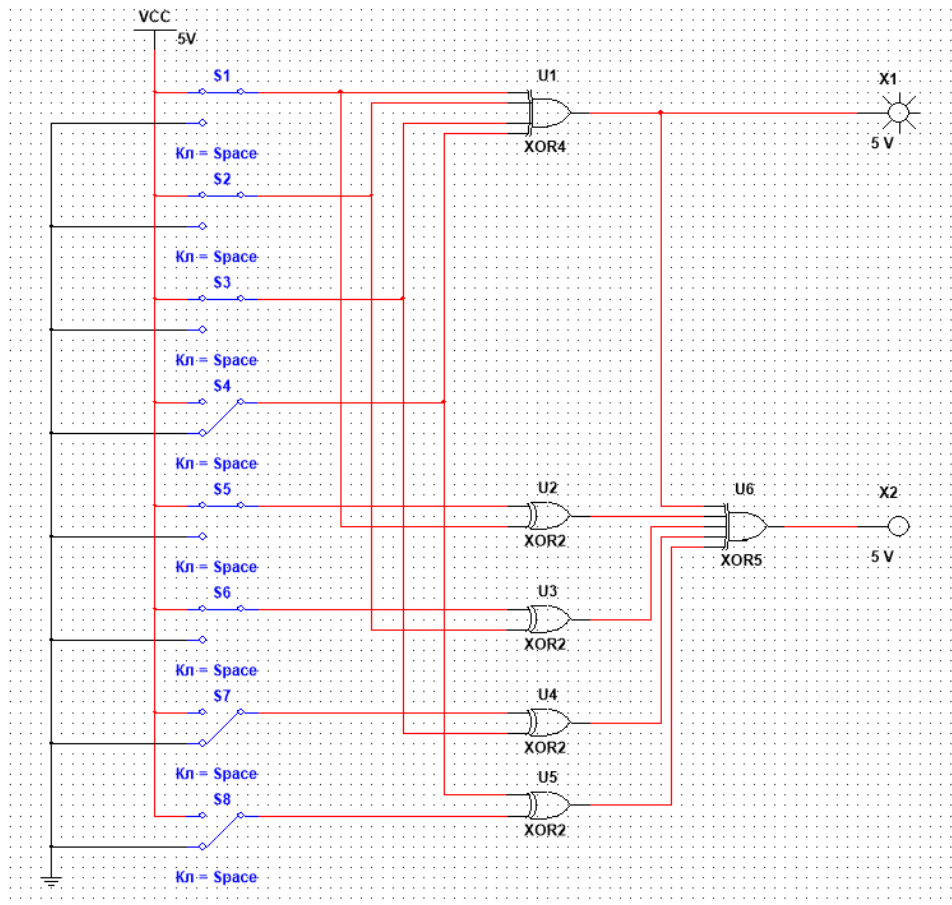


Рис. 4 - Схема при третьей помехе - 1100.

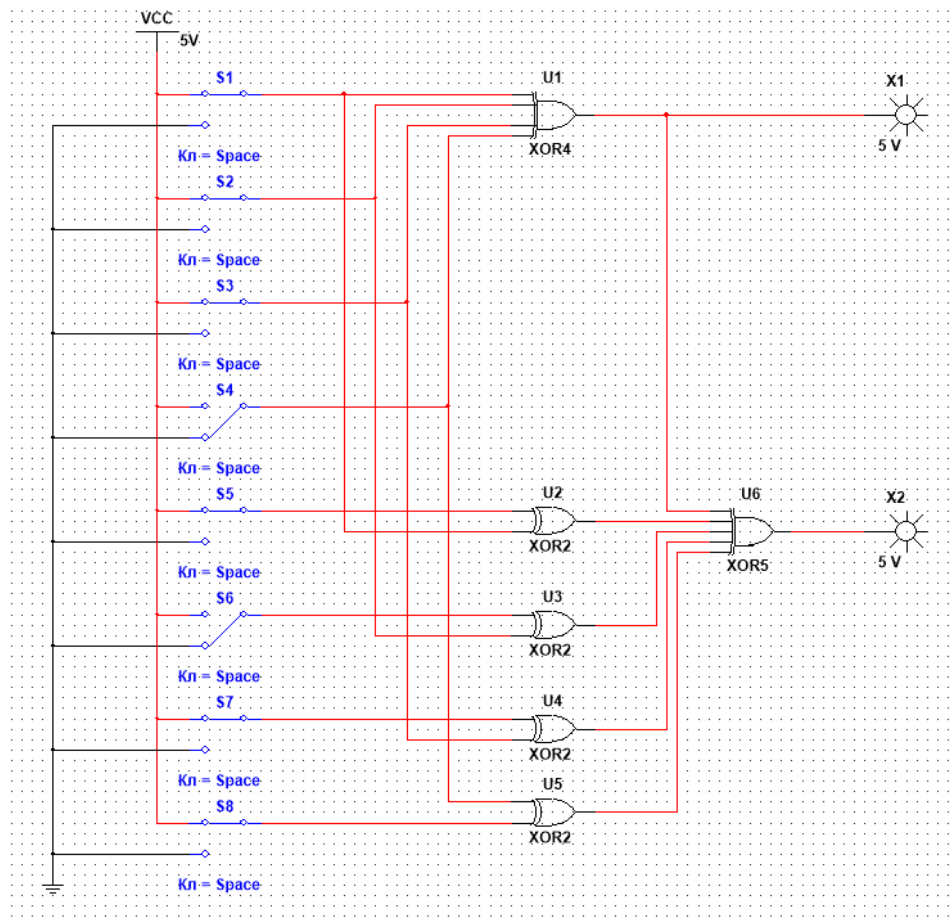


Рис. 5 - Схема при четвертой помехе - 1011.

### 3 Задание №3: Исправление ошибки с помощью кода Хэмминга

Расчётным путём, точнее вручную, определим, в каком разряде кода Хэмминга произошло искажение.

#### 3.1 Исходные данные для задания

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

Таблица 2 - Исходные данные для задания №3.

#### 3.2 Процесс вычисления искажённого бита

Найдём значения  $k$ -х битов на приеме:

$$k'_1 = i_3 \oplus i_5 \oplus i_7 \oplus i_9 \oplus i_{11} = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = 1$$

$$k'_2 = i_3 \oplus i_6 \oplus i_7 \oplus i_{10} \oplus i_{11} = 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

$$k'_3 = i_5 \oplus i_6 \oplus i_7 \oplus i_{12} = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

$$k'_4 = i_9 \oplus i_{10} \oplus i_{11} \oplus i_{12} = 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

$k$ -е биты на передающей принимающей стороне отличаются, что свидетельствует о наличии ошибки.

Определим синдром  $S = S_4 S_3 S_2 S_1$ :

$$S_1 = k_1 \oplus k'_1 = 0 \oplus 1 = 1$$

$$S_2 = k_2 \oplus k'_2 = 0 \oplus 0 = 0$$

$$S_3 = k_3 \oplus k'_3 = 0 \oplus 1 = 1$$

$$S_4 = k_4 \oplus k'_4 = 0 \oplus 1 = 1$$

$S = 0101_2 = 5_{10} \Rightarrow$  5-й бит искажен. Корректный код будет иметь вид:



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

## 4 Задание №4: Моделирование работы кода Хэмминга

### 4.1 Исходные данные для задания

Исходные данные приведены в таблице 2.

### 4.2 Перечень элементов, использованных в схемах, с их краткими характеристиками.

- XOR5 - 4 шт.
- XOR4 - 4 шт.
- XOR2 - 16 шт.
- Цифровой источник питания
- Генератор слов
- Ключ - 8 шт.
- Индикатор - 12 шт.

### 4.3 Схема для исследования работы кода Хэмминга

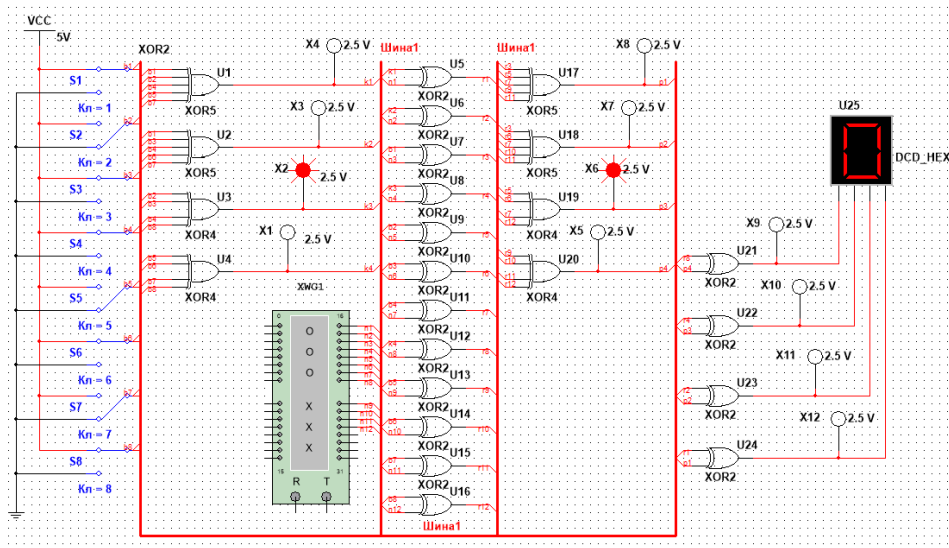


Рис 6 - Схема моделирования работы кода Хэмминга в системе передачи информации.

#### 4.4 Результаты расчётов

Ниже представлена таблица помех и показаний схемы моделирования работы кода Хэмминга:

В каком бите искажение	Значения контрольных битов на приёмнике	Синдром	HEX
$k_1$	0010	0001	1
$k_2$	0010	0010	2
$i_1$	1110	0011	3
$k_3$	0010	0100	4
$i_2$	1000	0101	5
$i_3$	0100	0110	6
$k_4$	1100	0111	7
$i_4$	0010	1000	8
$i_5$	1010	1001	9
$i_6$	0111	1010	A
$i_7$	1111	1011	B
$i_8$	0001	1100	C

**Вывод:** В ходе работы были изучены теоретические аспекты помехоустойчивого кодирования, а также приобретены практические навыки моделирования работы кода Хэмминга.