4. КОДИРОВАНИЕ

Кодирование – в широком смысле слова это правило отображения символов одного множества через символы другого множества. В узком смысле это правило отображения символов одного кода в символы другого кода.

Кодер (шифратор) – это устройство, реализующее процесс кодирования. При этом должна существовать возможность однозначного декодирования, при которой можно получить исходные символы из кодированных.

Определение кода производится с помощью таблицы истинности и булева выражения.

Слово – это кодовая комбинация нескольких символов кода. В общем случае длина слова может быть произвольной. Ограничимся технически важным случаем – все слова данного кода имеют одну длину – n.

Для кода с основанием m (основание кода – число символов) возможное число слов будет равно m^n.

Коды разделяются на два основных класса: Непомехозащищенные коды и помехозащищенные коды.

Непомехозащищенные коды – в которых искажение какого-либо разряда кодовой комбинации невозможно обнаружить. При передаче данных используются все возможные кодовые комбинации.

Помехозащищенные коды имеют в своей структуре служебные символы, при передаче данных задействована только часть возможных кодовых комбинаций. Другая часть кодовых комбинаций используется для обнаружения и исправления ошибок.

Рассмотрим некоторые простейшие коды.

Двоичный код с весом 8.4.2.1.

Таблица 4.1

Таблица соответствия десятичного кода и кода с весом 8.4.2.1.

m = 10	m = 8	m = 4	m = 2	m = 1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1

4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

В коде с весом 8.4.2.1. каждый разряд десятичного числа записывается в виде комбинации двоичного кода с весом 8.4.2.1. Например: 9397_{10} = $1001001110010111_{8.4.2.1.}$

Самодополняющийся код

Самодополняющийся код – это такой код, в котором инвертированный код всегда дополняет основной до числа 9. Из самодополняющихся кодов выделим:

1. Код с весовыми коэффициентам 2.4.2.1.
3. Код с избытком 3.

Код с весовыми коэффициентам 2.4.2.1.

Таблица 4.2

Таблица соответствия десятичного кода и кода с весом 8.4.2.1.

m = 10	m = 2	m = 4	m = 2	m = 1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	0
7	1	1	0	1
8	1	1	1	0
9	1	1	1	1

Особенностью данного кода является то, что наибольшее число содержит максимальное число единиц. В коде с весом 2.4.2.1. каждый разряд

десятичного числа записывается в виде комбинации двоичного кода с весом 2.4.2.1. Например: 9397_{10} = 1111 0011 1111 1101 $_{2.4.2.1.}$

Код с избытком 3.

Таблица 4.3

Таблица соответствия десятичного кода и кода с избытком 3

m = 10	*m* = 8	*m* = 4	*m* = 2	*m* = 1
0	0	0	1	1
1	0	1	0	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	0
4	0	1	1	1
5	1	0	0	0
6	1	0	0	1
7	1	0	1	0
8	1	0	1	1
9	1	1	0	0

Чтобы представить десятичное число в коде с избытком 3, нужно: 1) прибавить 3 к каждой цифре десятичного числа; 2) заменить полученные цифры соответствующим четырехразрядным двоичным кодом. Например, 459 = 0111 1000 1100. Особенностью кода является то, что каждая комбинация, представляющая десятичное число, содержит обязательно как единицы, так и нули.

Код Грея

Код Грея, рефлексный двоичный код, в котором два соседних значения различаются только в одном двоичном разряде.

Изначально предназначался для защиты от ложного срабатывания электромеханических переключателей. В настоящее время код Грея широко используется для упрощения выявления и исправления ошибок в системах связи.

В коде Грея две соседние комбинации отличаются одна от другой только в одном разряде. Уменьшается ошибка считывания неправильного результата.

Кодер Грея

Рассмотрим на примере трехразрядного кодера.

Таблица 4.4

Таблица соответствия кода Грея и обычного двоичного кода.

N	Обычный двоичный код			Код Грея		
	x2	*x1*	*x0*	*y2*	*y1*	*y0*
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1
2	0	1	0	0	1	1
3	0	1	1	0	1	0
4	1	0	0	1	1	0
5	1	0	1	1	1	1
6	1	1	0	1	0	1
7	1	1	1	1	0	0

С учетом таблицы соответствия записываем булево выражение для *y*0, *y*1, *y*2 (для тех строк, где стоит 1 для *y*0, *y*1, *y*2):

$$y0 = \overline{x2x1}x0 + \overline{x2}\,x1\overline{x0} + x2\,\overline{x1}x0 + x2x1\overline{x0}$$
$$y1 = \overline{x2}x1\overline{x0} + \overline{x2}\,x1x0 + x2\,\overline{x1}\,\overline{x0} + x2\overline{x1}x0$$
$$y2 = x2\overline{x1x0} + x2\overline{x1}x0 + x2\,x1\,\overline{x0} + x2\,x1x0$$

После упрощения минимальная форма кодера Грея примет следующий вид:

$$y0 = x0 \oplus x1$$
$$y1 = x1 \oplus x2$$
$$y2 = x2$$

Схемная реализация 4-разрядного кодера Грея на элементах «исключающее ИЛИ» приведена на рис. 4.1.

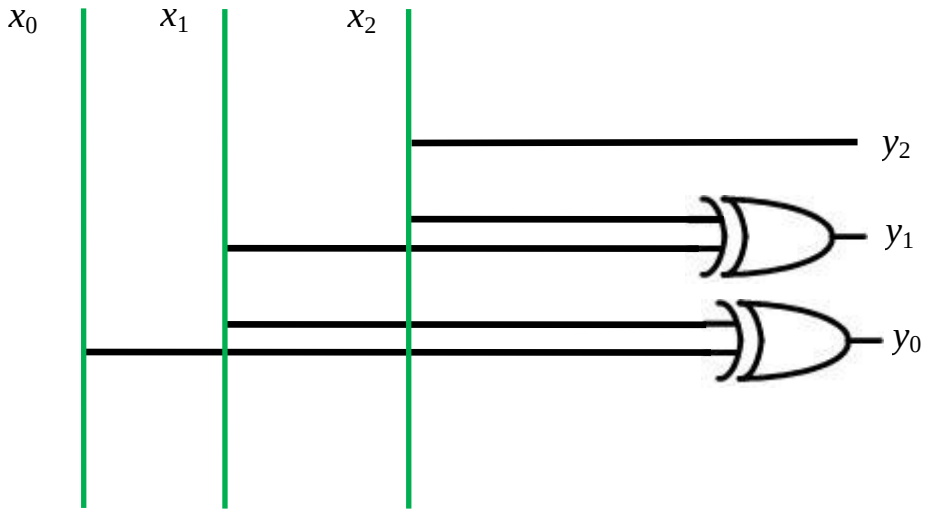


Рис. 4.1. Реализация 4-разрядного кодера Грея

Общее *правило перехода* из двоичного кода в код Грея:

двоичный код преобразуется в код Грея путем поразрядного сложения по модулю 2 исходной кодовой комбинации и сдвинутой на один разряд вправо.

Декодер Грея

Декодер Грея осуществляет переход из двоичного кода Грея (x) в обычный двоичный код (y). Таблица истинности трехразрядного декодера:

Таблица 4.5

Таблица соответствия перехода из кода Грея в обычный двоичный код.

N	Обычный двоичный код			Код Грея		
	$x2$	$x1$	$x0$	$y2$	$y1$	$y0$
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1
2	0	1	1	0	1	0
3	0	1	0	0	1	1
4	1	1	0	1	0	0
5	1	1	1	1	0	1
6	1	0	1	1	1	0
7	1	0	0	1	1	1

Записываем Булево выражение для декодера (для тех строк, где стоит 1 для $y0$, $y1$, $y2$):

$$y0 = \overline{x2}\,\overline{x1}x0 + \overline{x2}x1\overline{x0} + x2x1x0 + x2\overline{x1}\,\overline{x0}$$
$$y1 = \overline{x2}x1x0 + \overline{x2}x1\overline{x0} + x2\overline{x1}\,x0 + x2\overline{x1}\,\overline{x0}$$
$$y2 = x2x1\overline{x0} + x2x1x0 + x2\overline{x1}\,x0 + x2\overline{x1}\,\overline{x0}$$

После упрощения минимальная форма декодера принимает вид:

$$y0 = x2 \oplus x1 \oplus x0$$
$$y1 = x2 \oplus x1$$
$$y2 = x2$$

Правило перехода от кода Грея к двоичному коду: старший разряд остается без изменения, каждый младший разряд представляет собой сумму по модулю 2 всех старших разрядов, включая данный.

Кодер

Кодер (шифратор) – это логическое устройство, переводящее десятичный код в двоичный. Обозначение:

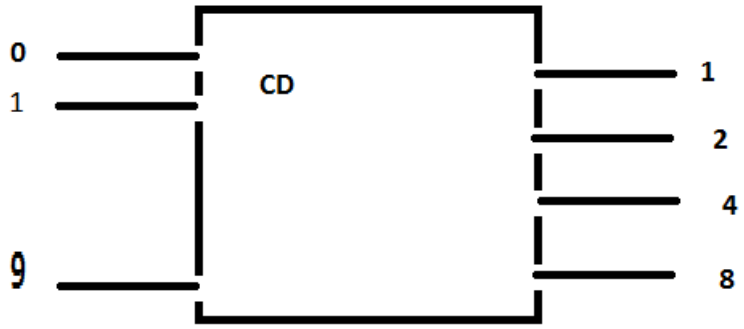


Рис. 4.2. Обозначение кодера (шифратора)

Таблица 4.6

Соответствие десятичного (x) и двоичного (y) кода для кодера:

xi	$y3(8)$	$y2(4)$	$y1(2)$	$y(0)$
$x0$	0	0	0	0
$x1$	0	0	0	1
$x2$	0	0	1	0
$x3$	0	0	1	1
$x4$	0	1	0	0
$x5$	0	1	0	1
$x6$	0	1	1	0
$x7$	0	1	1	1
$x8$	1	0	0	0
$x9$	1	0	0	1

Булево выражение для кодера будет:

- $y0 = x1 + x3 + x5 + x7 + x9$
- $y1 = x2 + x3 + x6 + x7$
- $y2 = x4 + x5 + x6 + x7$
- $y3 = x8 + x9$

Схема кодера реализуется на дизъюнкторах.

Декодер (дешифратор)

Декодер, или дешифратор – это логическое устройство, переводящее двоичный код в десятичный. Обозначение:

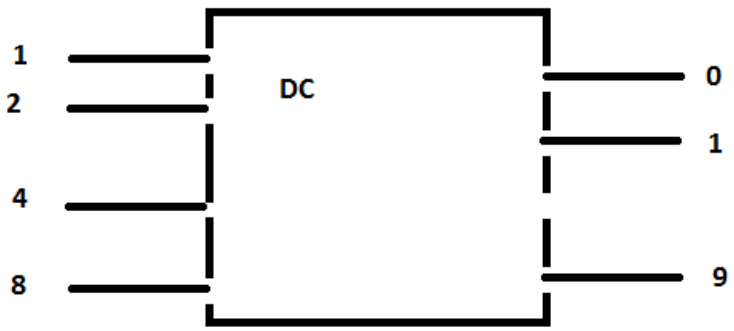


Рис. 4.3. Обозначение декодера (дешифратора)

Таблица 4.7

Соответствие двоичного (*x*) и десятичного (*y*) кода
для декодера:

*x*3(8)	*x*2(4)	*x*1(2)	*x*0(1)	*xi*
0	0	0	0	*y*0
0	0	0	1	*y*1
0	0	1	0	*y*2
0	0	1	1	*y*3
0	1	0	0	*y*4
0	1	0	1	*y*5
0	1	1	0	*y*6
0	1	1	1	*y*7
1	0	0	0	*y*8
1	0	0	1	*y*9

Булево выражение для декодера будет:

$$y0 = \overline{x3} \cdot \overline{x2} \cdot \overline{x1} \cdot \overline{x0}$$

$$y1 = \overline{x3} \cdot \overline{x2} \cdot \overline{x1} x0$$

……

$$y9 = x3 \cdot \overline{x2} \cdot \overline{x1} \cdot x0$$

Схема декодера реализуется на конъюнкторах.

Контрольные вопросы

1. Что есть процесс кодирования информации?
2. Что такое «не помехозащищённый код»?
3. Что такое «помехозащищенный код»?
4. Приведите таблицу истинности кода с весовыми коэффициентами 2.4.2.1.
5. Приведите таблицу истинности кода с весовыми коэффициентами 4.2.2.1.
6. Приведите таблицу истинности кода с избытком 3.
7. В чем отличительная особенность кода Грея?
8. Нарисуйте схему 4-разрядного кода Грея.
9. Что такое Кодер? Приведите его обозначение на схеме.
10. Что такое Декодер? Приведите его обозначение на схеме.