



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
“Национальный исследовательский университет ИТМО”

**ФАКУЛЬТЕТ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ  
И КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ**



КС.

**Учебно-исследовательская работа №1**  
«Методы кодирования в компьютерных сетях»  
по дисциплине  
“Компьютерные сети”

Работу выполнил:

Студент группы Р3311

**Болорболд Аригуун**

Преподаватель:

**Алиев Тауфик Измайлович**

Практик:

**Тропченко Андрей Александрович**

ПИиКТ

1-й семестр

20/21

## Содержимое

<b>1</b>	<b>Цель и описание работы</b>	<b>3</b>
1.1	Цель работы	3
1.2	Краткое описание работы	3
<b>2</b>	<b>Формирование сообщения</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Физическое кодирование исходного сообщения</b>	<b>3</b>
3.1	Манчестерский код:	3
3.2	Потенциальный код (NRZ):	4
3.3	Биполярный импульсный код (RZ):	4
3.4	Дифференциальный Манчестерский код:	5
3.5	Потенциальный код с инверсией при единице (NRZ-I):	5
3.6	Биполярный код с чередующейся инверсией (AMI):	6
3.7	Код трёхуровневой передачи (MLT-3):	6
3.8	Пятиуровневый код (PAM-5):	7
3.9	Сравнение методов:	7
<b>4</b>	<b>Логическое (избыточное) кодирование исходного сообщения</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Скремблирование исходного сообщения</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Сравнительный анализ результатов сообщения</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Вывод</b>	<b>10</b>

# 1 Цель и описание работы

## 1.1 Цель работы

Изучение методов физического и логического кодирования, используемых в цифровых сетях передачи данных.

## 1.2 Краткое описание работы

В процессе выполнения УИР необходимо:

- выполнить физическое и логическое кодирование исходного сообщения не менее, чем тремя методами кодирования, выбрав из множества: NRZ, RZ, AMI, MLT-3, NRZI, PAM-5, манчестерский и дифференциальный манчестерский код;
- рассчитать частотные характеристики сигналов, формируемых для передачи исходного сообщения, а также требуемую полосу пропускания канала связи;
- провести качественный и количественный сравнительный анализ рассмотренных методов кодирования, выявить и сформулировать достоинства и недостатки;
- выбрать наилучший метод для передачи полного сообщения.

## 2 Формирование сообщения

Исходное сообщение: БА

В шестнадцатеричном коде: C1 C0

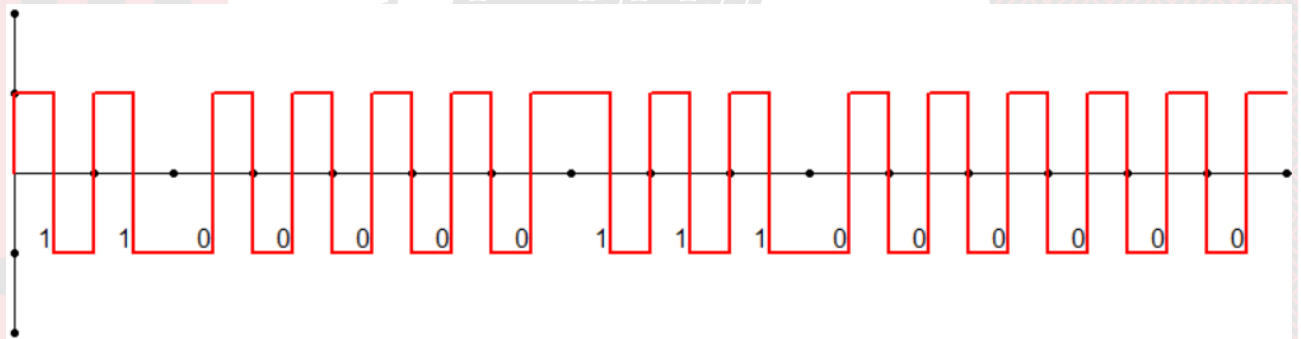
В двоичном коде: 1100 0001 1100 0000

Длина сообщения: 2 байт (16 бит)

## 3 Физическое кодирование исходного сообщения

Пропускная способность канала: 100 Мбит/с

### 3.1 Манчестерский код:

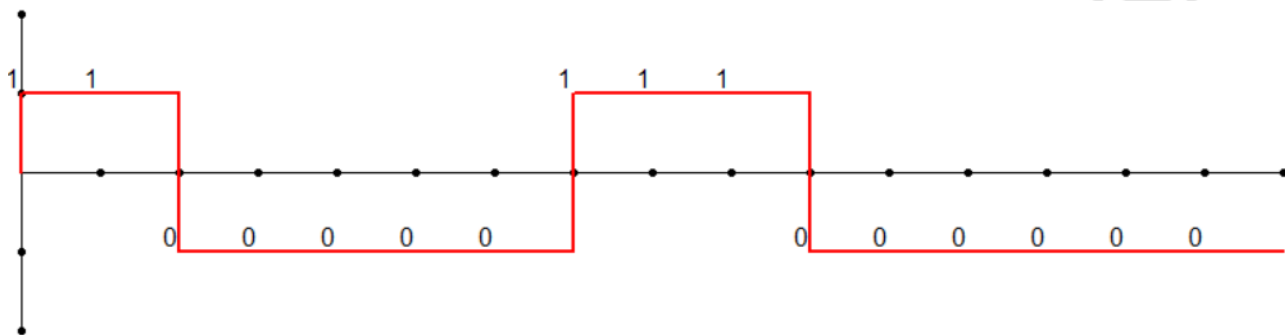


В двоичном коде: 1010 0101 0101 0110 1010 0101 0101 0101

В шестнадцатеричном коде: A5 56 A5 55

- Верхняя граница:  $f_v = C = 100 \text{ МГц}$
- Нижняя граница:  $f_n = \frac{C}{2} = 50 \text{ МГц}$
- Ширина спектра:  $S = f_v - f_n = 50 \text{ МГц}$
- Середина спектра:  $f_{\frac{1}{2}} = \frac{f_v + f_n}{2} = 75 \text{ МГц}$
- Средняя частота:  $f_{cp} = \frac{26 \cdot f_v + 6 \cdot f_n}{32} = 90,625 \text{ МГц}$
- Полоса пропускания:  $50 \text{ МГц} (F \geq S)$

### 3.2 Потенциальный код (NRZ):

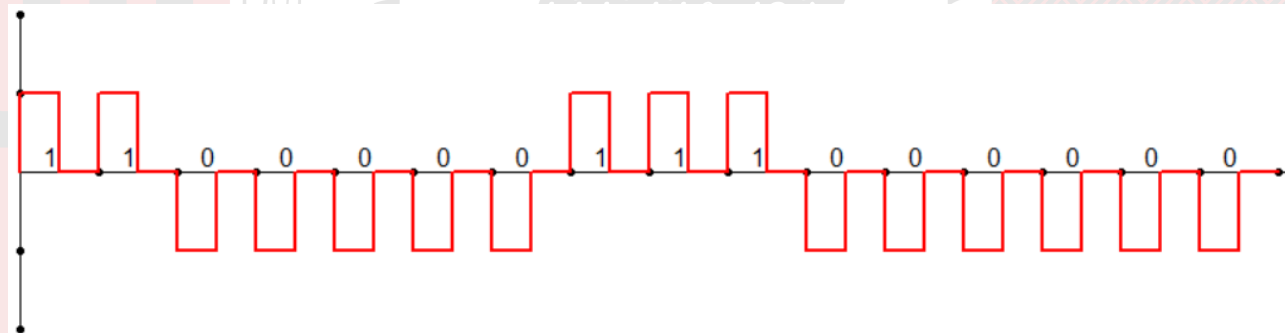


В двоичном коде: 11000001 11000000

В шестнадцатеричном коде: C1 C0

- Верхняя граница:  $f_v = C/2 = 50$  МГц
- Нижняя граница:  $f_n = C/12 = 8,334$  МГц
- Ширина спектра:  $S = f_v - f_n = 41,666$  МГц
- Середина спектра:  $f_{\frac{1}{2}} = \frac{f_v + f_n}{2} = 29,167$  МГц
- Средняя частота:  $f_{cp} = \frac{\frac{2 \cdot f_0}{2} + \frac{3 \cdot f_0}{3} + \frac{5 \cdot f_0}{5} + \frac{6 \cdot f_0}{6}}{16} = 12,5$  МГц
- Полоса пропускания: 42 МГц ( $F \geq S$ )

### 3.3 Биполярный импульсный код (RZ):

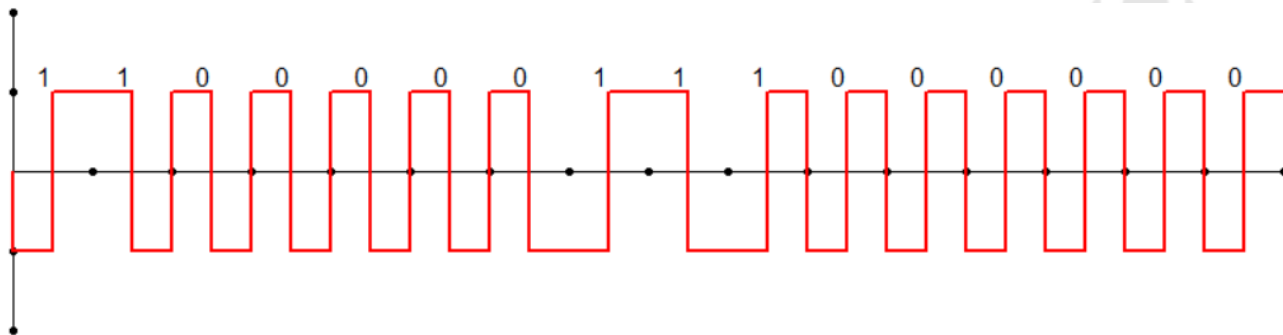


В двоичном коде: 11000001 11000000

В шестнадцатеричном коде: C1 C0

- Верхняя граница:  $f_v = C = 100$  МГц
- Нижняя граница:  $f_n = \frac{C}{2} = 50$  МГц
- Ширина спектра:  $S = \frac{C}{2} = 50$  МГц
- Середина спектра:  $f_{\frac{1}{2}} = \frac{f_v + f_n}{2} = 75$  МГц
- Средняя частота:  $f_{cp} = \frac{39 \cdot f_v + 9 \cdot f_n}{48} = 100$  МГц
- Полоса пропускания: 50 МГц ( $F > S$ )

### 3.4 Дифференциальный Манчестерский код:

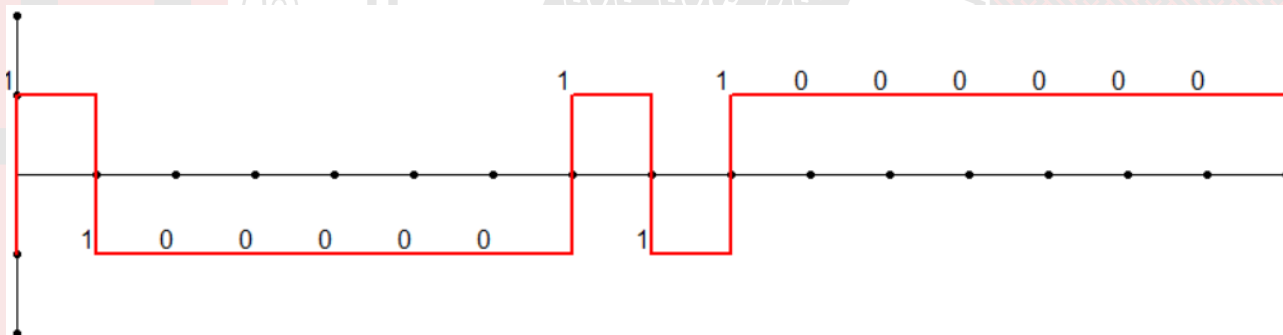


В двоичном коде: 01101010 10101001 10100110 10101010 1010

В шестнадцатеричном коде: 35 54 E6 AA A

- Верхняя граница:  $f_v = C/2 = 100$  МГц
- Нижняя граница:  $f_n = C/16 = 50$  МГц
- Ширина спектра:  $S = f_v - f_n = 50$  МГц
- Середина спектра:  $f_{\frac{1}{2}} = \frac{f_v + f_n}{2} = 75$  МГц
- Средняя частота:  $f_{cp} = \frac{24 \cdot f_v + 8 \cdot f_n}{32} = 87,5$  МГц
- Полоса пропускания: 50 МГц ( $F \geq S$ )

### 3.5 Потенциальный код с инверсией при единице (NRZ-I):

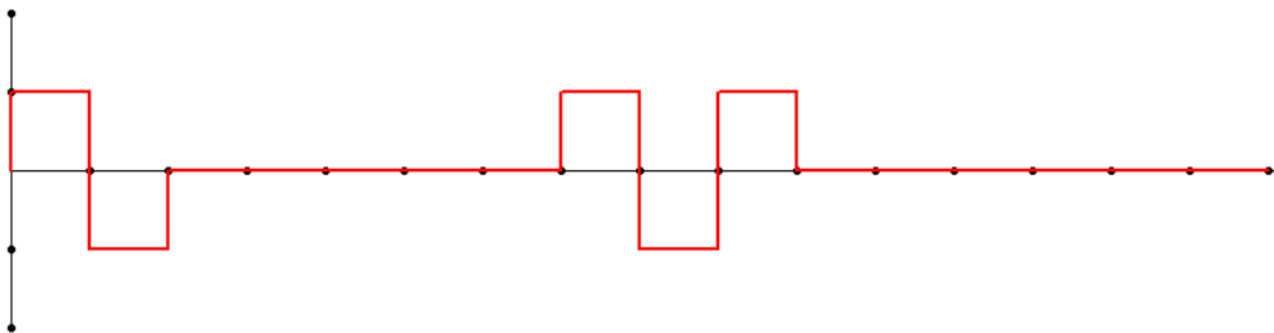


В двоичном коде: 11000001 11000000

В шестнадцатеричном коде: C1 C0

- Верхняя граница:  $f_v = C/2 = 50$  МГц
- Нижняя граница:  $f_n = C/16 = 3,125$  МГц
- Ширина спектра:  $S = f_v - f_n = 41,67$  МГц
- Середина спектра:  $f_{\frac{1}{2}} = \frac{f_v + f_n}{2} = 29,15$  МГц
- Средняя частота:  $f_{cp} = \frac{3 \cdot f_0 + 6 \cdot \frac{f_0}{8} + 7 \cdot \frac{f_0}{7}}{16} = 15,625$  МГц
- Полоса пропускания: 42 МГц ( $F \geq S$ )

### 3.6 Биполярный код с чередующейся инверсией (AMI):

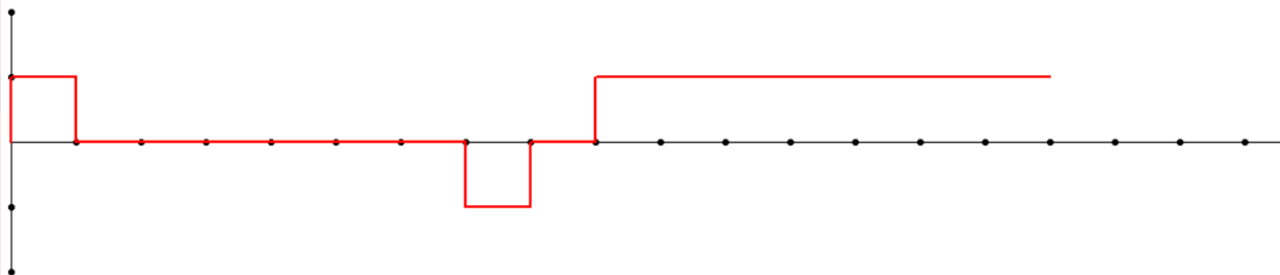


В двоичном коде: 11000001 11000000

В шестнадцатеричном коде: C1 C0

- Верхняя граница:  $f_v = C/2 = 50$  МГц
- Нижняя граница:  $f_n = C/12 = 8,333$  МГц
- Ширина спектра:  $S = f_v - f_n = 29,15$  МГц
- Середина спектра:  $f_{\frac{1}{2}} = \frac{f_v + f_n}{2} = 29,15$  МГц
- Средняя частота:  $f_{cp} = \frac{5 \cdot f_0 + 5 \cdot \frac{f_0}{5} + 6 \cdot \frac{f_0}{6}}{16} = 21,875$  МГц
- Полоса пропускания: 60 МГц ( $F \geq S$ )

### 3.7 Код трёхуровневой передачи (MLT-3):



В двоичном коде: 11000001 11000000

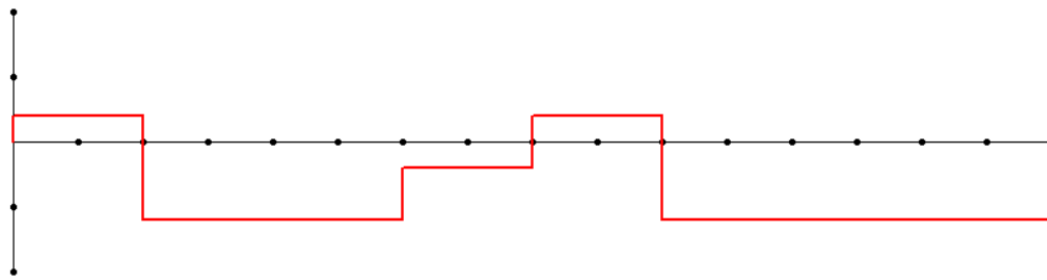
В шестнадцатеричном коде: C1 C0

- Верхняя граница:  $f_v = C/2 = 50$  МГц
- Нижняя граница:  $f_n = C/14 = 7,14$  МГц
- Ширина спектра:  $S = f_v - f_n = 42,86$  МГц
- Середина спектра:  $f_{\frac{1}{2}} = \frac{f_v + f_n}{2} = 28,57$  МГц
- Средняя частота:  $f_{cp} = \frac{3 \cdot f_0 + 6 \cdot \frac{f_0}{6} + 7 \cdot \frac{f_0}{7}}{16} = 15,625$  МГц
- Полоса пропускания: 43 МГц ( $F \geq S$ )

### 3.8 Пятиуровневый код (РАМ-5):

Параметры:

- 10: 450мВ
- 11: 15мВ
- 01: -15мВ
- 00: -45мВ



В двоичном коде: 11 00 00 01 11 00 00 00

В шестнадцатеричном коде: C1 C0

- Верхняя граница:  $f_v = C/2 = 50$  МГц
- Нижняя граница:  $f_n = C/14 = 7,14$  МГц
- Ширина спектра:  $S = f_v - f_n = 42,86$  МГц
- Середина спектра:  $f_{\frac{1}{2}} = \frac{f_v + f_n}{2} = 28,57$  МГц
- Средняя частота:  $f_{cp} = \frac{3 \cdot f_0 + 6 \cdot \frac{f_0}{6} + 7 \cdot \frac{f_0}{7}}{16} = 15,625$  МГц
- Полоса пропускания: 43 МГц ( $F \geq S$ )

В двоичном коде: 11000001 11000000

В шестнадцатеричном коде: C1 C0

- Верхняя граница:  $f_v = C/4 = 25$  МГц
- Нижняя граница:  $f_n = C/16 = 6,25$  МГц
- Ширина спектра:  $S = f_v - f_n = 18,75$  МГц
- Середина спектра:  $f_{\frac{1}{2}} = \frac{f_v + f_n}{2} = 15,625$  МГц
- Средняя частота:  $f_{cp} = \frac{f_0 + 6 \cdot \frac{f_0}{2} + 4 \cdot \frac{f_0}{4} + 6 \cdot \frac{f_0}{6}}{16} = 9,375$  МГц
- Полоса пропускания: 19 МГц ( $F \geq S$ )

### 3.9 Сравнение методов:

Метод кодирования	Спектр сигнала (МГц)	Самосинхронизация	Постоянная составляющая	Обнаружение ошибок	Стоимость реализации
M2	50	есть	нет	есть	2
DIF_M2	50	есть	нет	есть	2
NRZ	41,67	нет	есть	нет	1
NRZ-I	46,875	нет	есть	нет	1
AMI	41,67	нет	есть	есть	3
RZ	50	есть	нет	есть	3
MLT-3	42,86	нет	есть	нет	3
РАМ-5 (2B1Q)	18,75	нет	есть	есть	3



Для составленного сообщения эффективнее всего использовать манчестерский код и потенциальный код с инверсией при единице.

Манчестерский код использует всего два уровня, из-за чего нам нужна меньшая мощность для передачи сигнала.

Потенциальный код с инверсией при единице из серьезных недостатков имеет только появление постоянной составляющей при длинных комбинациях одинаковых цифр. Наше сообщение не имеет длинных комбинаций, поэтому этот минус несущественен.

## 4 Логическое (избыточное) кодирование исходного сообщения

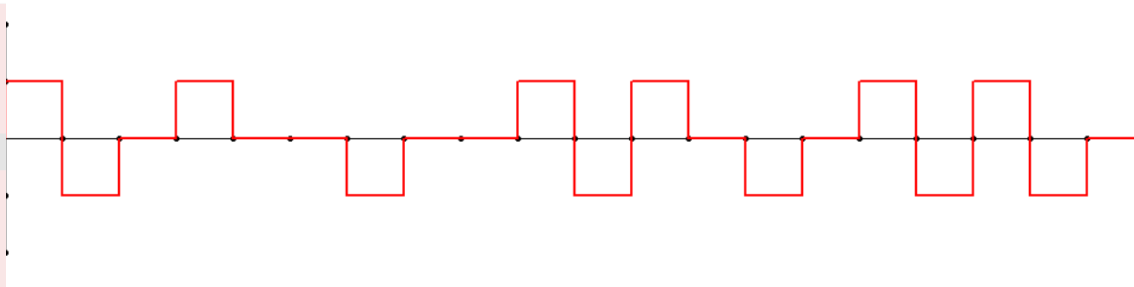
В двоичном коде: 1101 0010 0111 0101 1110

В шестнадцатеричном коде: D2 75 E

Длина сообщения: 2,5 байт (20 бит)

Избыточность:  $(2,5 - 2)/2 = 0.25(25\%)$

Временная диаграмма:



- Верхняя граница:  $f_v = C/2 = 50$  МГц
- Нижняя граница:  $f_n = C/4 = 25$  МГц
- Ширина спектра:  $S = f_v - f_n = 25$  МГц
- Середина спектра:  $f_{\frac{1}{2}} = \frac{f_v + f_n}{2} = 37,5$  МГц
- Средняя частота:  $f_{cp} = \frac{16 \cdot f_0 + 4 \cdot \frac{f_0}{2}}{20} = 45$  МГц
- Полоса пропускания: 25 МГц ( $F \geq S$ )

## 5 Скремблирование исходного сообщения

Алгоритм:  $B_i = a_i \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-5}$

Данный полином выбран так как за счёт того, что мы учитываем разряды «через один» мы сможем разбавить постоянную составляющую. Длина постоянной составляющей в моём случае не превышает 6, следовательно, если мы будем учитывать биты со сдвигом на 3 и на 5, то текущее значение  $A_i$  почти всегда не будет совпадать с ними, так как нуль будет входить в постоянную составляющую, следовательно, команда XOR будет выдавать попеременно разные значения.

Исходное сообщение: 1100 0001 1100 0000

В шестнадцатеричном коде: C1 C0

$$B_1 = A_1 = 1$$

$$B_2 = A_2 = 1$$

$$B_3 = A_3 = 0$$

$$B_4 = A_4 \oplus A_1 = 0$$

$$B_5 = A_5 \oplus A_2 = 1$$





## 7 Вывод

В ходе выполнения данного задания я познакомился со всеми методами физического и логического кодирования сообщений доступных в курсе, проанализировал достоинства и недостатки каждого. Я пришёл к выводу, что идеальных способов кодирования не существует. У каждого свои достоинства и недостатки, мы же пытаемся в зависимости от исходных данных и условий выбрать оптимальный. В моём случае таковыми являются M2 и DIF\_M2 коды за счёт отсутствия в них постоянной составляющей. Что касается логического кодирования, я убедился в эффективности избыточного кодирования.

