

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

ОТЧЕТ

по учебно-исследовательской работе №1
«Кодирование данных в телекоммуникационных сетях»
по дисциплине «**Телекоммуникационные системы**»

Автор: Кулаков Н. В.

Факультет: ПИиКТ

Группа: Р33312

Преподаватель: Алиев Т. И.



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург 2022

1. Формирование сообщения.

Исходное сообщение	Кула Н.В.
В шестнадцатеричной форме	CA F3 EB E0 20 CD 2E C2 2E
В двоичном коде	11001010 11110011 11101011 11100000 00100000 11001101 11100010 11000010 11100010
Длина сообщения	9 байт (72 бит)

2. Физическое кодирование исходного сообщения.

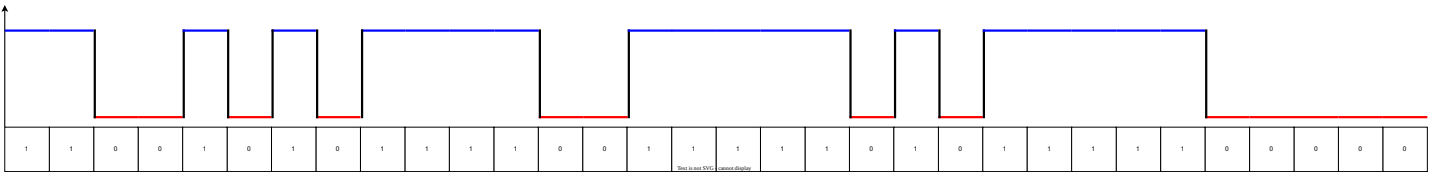
2.1. Методы физического кодирования:

Начальные условия:

$$C = 1 \text{ Мбит/с}$$

Потенциальный код без возврата к нулю (NRZ)

Временная диаграмма:



Расчеты:

$$f_0=\frac{C}{2}=500\text{ КГц}$$

$$f_8=\frac{C}{2}=500\text{ КГц}$$

$$f_n=\frac{f_0}{5}=\frac{C}{10}=100\text{ КГц}$$

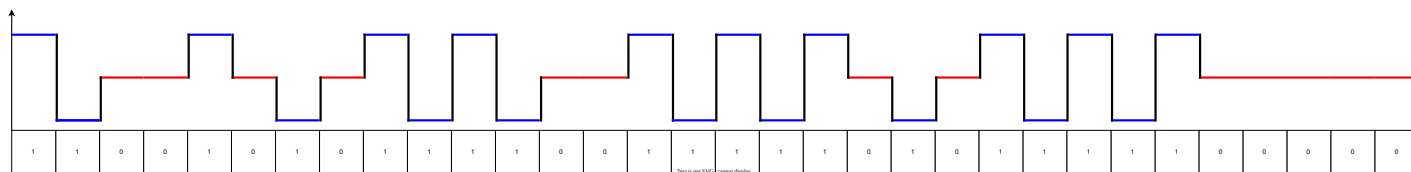
$$S=f_8-f_n=400\text{ КГц}$$

$$f_{cp}=f_0\frac{\frac{2\cdot3}{2}+7+\frac{4}{4}+\frac{5\cdot3}{5}}{32}\approx219\text{ КГц}$$

$$F \geq S \Rightarrow F \geq 400 \text{ КГц}$$

Биполярное кодирование с альтернативной инверсией (AMI)

Временная диаграмма:



Расчеты:

$$f_0 = \frac{C}{2} = 500 \text{ КГц}$$

$$f_{\text{с}} = \frac{C}{2} = 500 \text{ КГц}$$

$$f_{\text{н}} = \frac{f_0}{5} = \frac{C}{10} = 100 \text{ КГц}$$

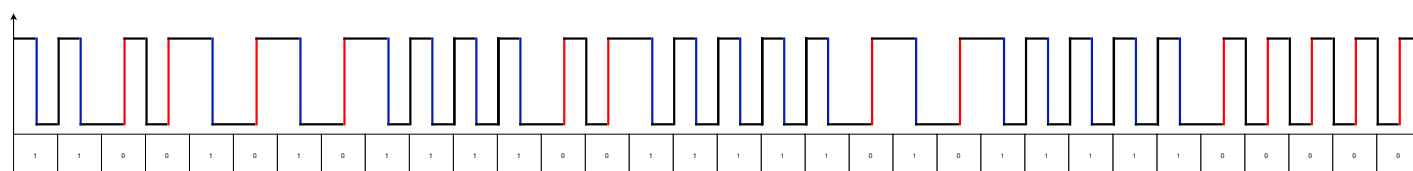
$$S = f_{\text{с}} - f_{\text{н}} = 400 \text{ КГц}$$

$$f_{\text{ср}} = f_0 \frac{15 + \frac{2 \cdot 2}{2} + \frac{4 \cdot 2}{4} + \frac{1 \cdot 5}{5}}{32} \approx 313 \text{ КГц}$$

$$F \geq S \Rightarrow F \geq 400 \text{ КГц}$$

Манчестерский код

Временная диаграмма:



Расчеты:

$$f_0 = C = 1 \text{ МГц}$$

$$f_{\text{с}} = C = 1 \text{ МГц}$$

$$f_n = \frac{f_0}{2} = \frac{C}{2} = 500 \text{ КГц}$$

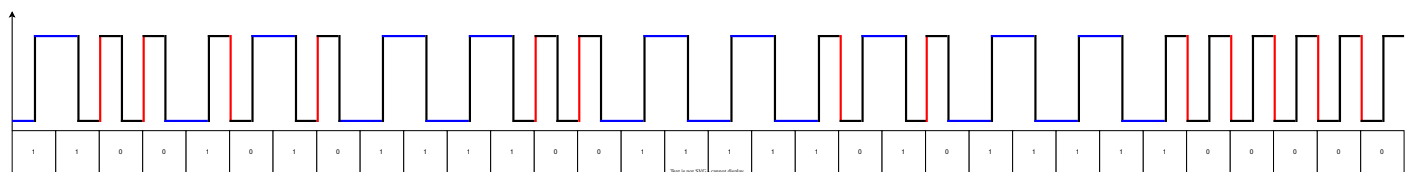
$$S = f_8 - f_n = 500 \text{ КГц}$$

$$f_{cp} = f_0 \frac{38 + \frac{2 \cdot 13}{2}}{64} \approx 797 \text{ КГц}$$

$$F \geq S \Rightarrow F \geq 500 \text{ КГц}$$

Дифференциальный манчестерский код

Временная диаграмма:



Расчеты:

$$f_0 = C = 1 \text{ МГц}$$

$$f_8 = C = 1 \text{ МГц}$$

$$f_n = \frac{f_0}{2} = \frac{C}{2} = 500 \text{ КГц}$$

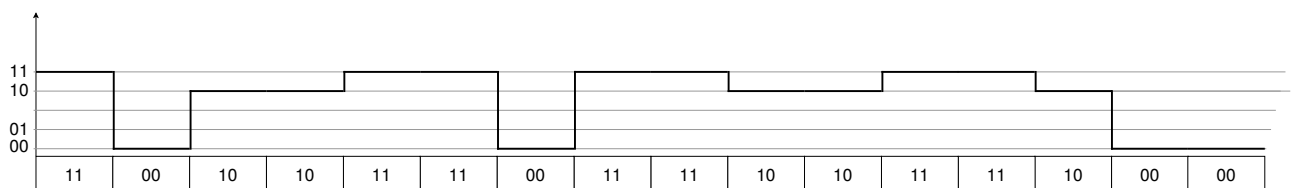
$$S = f_8 - f_n = 500 \text{ КГц}$$

$$f_{cp} = f_0 \frac{28 + \frac{2 \cdot 18}{2}}{64} \approx 719 \text{ КГц}$$

$$F \geq S \Rightarrow F \geq 500 \text{ КГц}$$

Пятиуровневый код РАМ-5 (2В1Q)

Временная диаграмма:



Расчеты:

$$f_0 = \frac{C}{4} = 250 \text{ КГц}$$

$$f_8 = \frac{C}{4} = 250 \text{ КГц}$$

$$f_n = \frac{f_0}{2} = \frac{C}{8} = 125 \text{ КГц}$$

$$S = f_8 - f_n = 125 \text{ КГц}$$

$$f_{cp} = f_0 \frac{4 + \frac{2 \cdot 6}{2}}{16} \approx 156 \text{ КГц}$$

$$F \geq S \Rightarrow F \geq 125 \text{ КГц}$$

2.2. Сравнительный анализ методов кодирования:

<u>Название:</u>	<u>Плюсы:</u>	<u>Минусы:</u>
NRZ	2 уровня потенциала – просто и дешево реализовать. Малая ширина спектра.	Нет самосинхронизации. Нет возможности обнаружения ошибок. Присутствует постоянная составляющая.
AMI	Возможность синхронизации и отсутствие постоянной при последовательности единиц. Распознавание ошибок при передаче единицах. Такая же низкая ширина спектра как и у NRZ.	3 уровня сигнала. При передаче длинных последовательностей нулей присутствует постоянная составляющая. Нет самосинхронизации.
M2	Отсутствие постоянной составляющей. Возможность обнаружения ошибок.	Более широкий спектр по сравнению с AMI и NRZ. Частота основной гармоники выше, чем при

	<p>Синхронизация присутствует.</p> <p>2 уровня сигнала.</p> <p>Хорошо работает с чередующимися значениями единиц и нулей.</p>	<p>AMI и NRZ в 2 раза при передаче последовательности, состоящей из нулей и единиц.</p>
М2-дифференциальный	<p>Отсутствие постоянной составляющей.</p> <p>Возможность обнаружения ошибок.</p> <p>Синхронизация присутствует.</p> <p>2 уровня сигнала.</p> <p>Хорошо работает с длинными последовательностями из единиц.</p>	<p>Более широкий спектр по сравнению с AMI и NRZ.</p> <p>Частота основной гармоники выше, чем при AMI и NRZ в 2 раза при передаче последовательности, состоящей из нулей.</p>
РАМ-5	<p>Частота основной гармоники 2 раза ниже по сравнению с NRZ.</p>	<p>5 уровней сигнала.</p> <p>Отсутствует самосинхронизация.</p> <p>Присутствует постоянная составляющая.</p>

2.3. Выбор двух наилучших методов.

Самыми лучшими способами кодирования являются РАМ-5 и манчестерский дифференциальный метод.

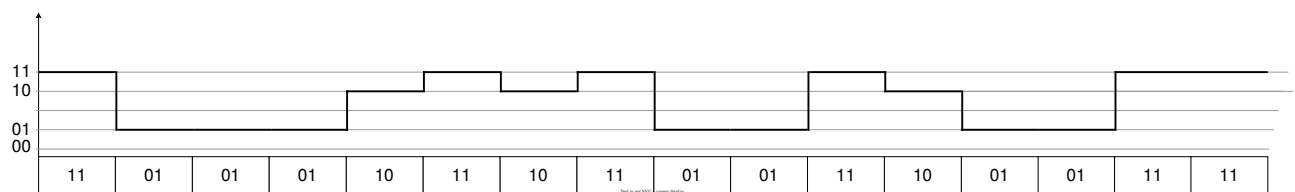
РАМ-5 — в случае моего варианта, поскольку нет длинных последовательностей нулей и единиц, и у него хорошая скорость передачи из-за низкой частоты основной гармоники.

Манчестерский дифференциальный метод — у него также относительно других методов удовлетворительная скорость передачи и есть свои преимущества: присутствует самосинхронизация и возможность обнаружения ошибок.

3. Логическое (избыточное) кодирование.

Метод кодирования	РАМ-5 (в <u>МА2 дифференциальном</u> нет постоянной составляющей)
Исходное сообщение	<p>В шестнадцатеричной форме: CA F3 EB E0 20 CD 2E C2 2E</p> <p>В двоичном коде: 11001010 11110011 11101011 11100000 00100000 11001101 11100010 11000010 11100010</p>
Полученное сообщение	<p>В шестнадцатеричной форме: D5 BB 5E 5F 9E A7 B5 BE 53 54 E5 0</p> <p>В двоичном коде: 11010101 10111011 01011110 01011111 10011110 10100111 10110101 10111110 01010011 01010100 11100101 00</p>
Длина нового сообщения	11.25 байт (90 бит)
Избыточность	25%

Временная диаграмма:



Расчеты:

$$f_0 = \frac{C}{4} = 250 \text{ КГц}$$

$$f_8 = \frac{C}{4} = 250 \text{ КГц}$$

$$f_n = \frac{f_0}{3} = \frac{C}{12} \approx 83 \text{ КГц}$$

$$S = f_8 - f_n = 87 \text{ КГц}$$

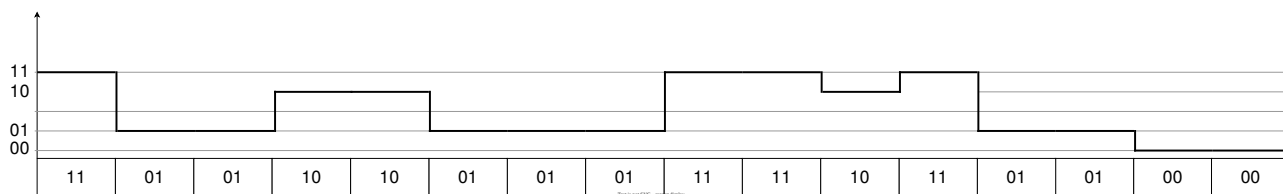
$$f_{cp} = f_0 \frac{7 + \frac{3}{3} + \frac{3 \cdot 2}{2}}{16} \approx 156 \text{ КГц}$$

$$F \geq S \Rightarrow F \geq 87 \text{ КГц}$$

4. Скремблирование исходного сообщения.

Метод кодирования	РАМ-5 (в <u>МА2-дифференциальном</u> нет постоянной составляющей)
Исходное сообщение	<p>В шестнадцатеричной форме: CA F3 EB E0 20 CD 2E C2 2E</p> <p>В двоичном коде: 11001010 11110011 11101011 11100000 00100000 11001101 11100010 11000010 11100010</p>
<p>Полученное сообщение в результате скремблирования полиномом</p> $B_i = A_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5};$ <p>(в моем варианте макс. длина последовательности нулей и единиц равна 5, поэтому такой полином)</p>	<p>В шестнадцатеричной форме: D6 95 FB 50 25 4E 5B 77 AA</p> <p>В двоичном коде: 11010110 10010101 11111011 01010000 00100101 01001110 01011011 01110111 10101010</p>
Длина нового сообщения	8 байт (72 бит)
Избыточность	0%

Временная диаграмма:



Расчеты:

$$f_0 = \frac{C}{4} = 250 \text{ КГц}$$

$$f_{\text{с}} = \frac{C}{4} = 250 \text{ КГц}$$

$$f_{\text{н}} = \frac{f_0}{3} = \frac{C}{12} \approx 83 \text{ КГц}$$

$$S = f_{\text{с}} - f_{\text{н}} = 87 \text{ КГц}$$

$$f_{\text{ср}} = f_0 \frac{3 + \frac{3}{3} + \frac{5 \cdot 2}{2}}{16} \approx 141 \text{ КГц}$$

$$F \geq S \Rightarrow F \geq 87 \text{ КГц}$$

5. Сравнительный анализ результатов кодирования.

Метод	Плюсы	Минусы
Манчестерский дифференциальный	Отсутствие постоянной составляющей. Возможность обнаружения ошибок. Синхронизация присутствует. 2 уровня сигнала. Хорошо работает с длинными последовательностями из единиц.	Более широкий спектр по сравнению с РАМ-5. Частота основной гармоники гораздо выше по сравнению с РАМ-5. Она еще сильнее увеличивается при передаче последовательности, состоящей из нулей.
РАМ-5	Частота основной гармоники 2-4 раза ниже по сравнению с М2-дифференциальным. 3 уровень для выявления ошибок.	5 уровней сигнала. Отсутствует самосинхронизация. Присутствует постоянная составляющая. Как такового выявления ошибок нет.
Избыточное кодирование	Возможность выявления	Объем передаваемых

B4/B5	<p>ошибок за счет обнаружения запрещенных символов.</p> <p>Сужается спектр сигнала и уменьшается постоянная составляющая (макс. последовательность из 0 или 1 равна 8)</p> <p>Возможность синхронизации за счет отсутствия длинных последовательностей единиц и нулей.</p> <p>Простая реализация.</p>	<p>данных увеличивается на 25%, соответственно полезная пропускная способность уменьшается на 20%.</p> <p>Временные затраты на логическое перекодирование.</p>
<p>Скремблирование</p> $B_i = A_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5};$	<p>Пропускная способность не уменьшается.</p> <p>Как правило, способствует минимизации постоянной составляющей (зависит от выбора полинома и передаваемых данных).</p>	<p>Дополнительные затраты на перекодирование.</p> <p>Нет гарантии исключения постоянной составляющей.</p>

6. Вывод.

При входных данных варианта автора не возникает постоянной составляющей, что уменьшает вероятность ошибок и увеличивает соответственно среднее значение основной гармоники.

Соответственно, автор выбрал наилучшим методом РАМ-5, потому что он обеспечивает наилучшую пропускную способность, хотя требует наличия 5 уровней сигнала.

Однако, если канал передачи является зашумленным и рассинхронизированным, то следует использовать М2-дифференциальный,

поскольку он обеспечивает возможность обнаружения ошибок и самосинхронизацию. Кроме того, для реализации этого метода требуется 2 уровня сигнала.