

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Научно-образовательная корпорация ИТМО»

Факультет программной инженерии и компьютерной техники
Направление подготовки 09.03.04 Программная инженерия

Отчёт по домашней работе №1
По дисциплине Компьютерные сети (семестр 6)

Студент:

Дениченко Александр Р3312

Практик:

Тропченко Андрей Александрович

Санкт-Петербург
2025 г.

Цель работы

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

1 Формирование сообщения

Исходное сообщение: Дениченко Александр Олегович

В шестнадцатеричном коде: C4 E5 ED E8 F7 E5 ED EA EE C0 EB E5 EA F1 E0 ED E4 F0 CE EB E5 E3 EE E2 E8 F7

В двоичном коде: 11000100 11100101 11101101 11101000 11110111 11100101 11101101 11101010 11101110 00100000 11000000 11101011 11100101 11101010 11110001 11100000 11101101 11100100 11110000 00100000 11001110 11101011 11100101 11100011 11101110 11100010 11101000 11110111

Длина сообщения: 28 байт (224 бит)

Пропускная способность канала связи: 100 Мбит/с

2 Физическое кодирование исходного сообщения

2.1 Манчестерский код

Длительность битового интервала: $t_b = \frac{1}{C} = \frac{1}{100} = 0.01$

Верхняя граница частот: $f_{up} = \frac{1}{t_b} = \frac{1}{0.01} = 100$ МГц

Нижняя граница частот: $f_{down} = \frac{C}{2} = \frac{1}{0.01} = 50$ МГц

Спектр сигнала: $S = f_{up} - f_{down} = 0.5C = 50$ МГц

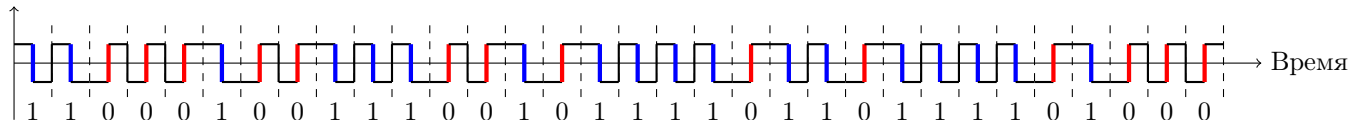
Среднее значение частоты в спектре передаваемого сигнала: $f_{avg} = \frac{f_{up} \cdot 252 + f_{down} \cdot 196}{448} = \frac{100 \cdot 252 + 50 \cdot 196}{448} = 78.125$ МГц

Среднее арифметическое: $f_{1/2} = \frac{100+50}{2} = 75$ МГц

В спектре сигнала незначительно преобладают высокие частоты: $f_{avg} > f_{1/2}$

Ширина полосы пропускания: $F > 50$ МГц

Уровень сигнала



2.2 Потенциальный код без возврата к нулю

Верхняя граница частот: $T = 2t$, $t = \frac{1}{C}$, $f_{up} = \frac{C}{2} = \frac{100}{2} = 50$ МГц

Максимальная подпоследовательность единиц - 6 и нулей - 6, тогда

нижняя граница частот: $f_{down} = \frac{C}{12} = 8.33$ МГц

Спектр сигнала: $S = f_{up} - f_{down} = 50 - 8.33 = 41.67$ МГц

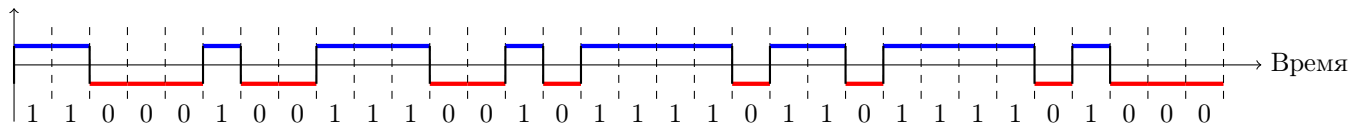
Среднее значение частоты: $f_{avg} = \frac{(46 \cdot f_0 / 1 + 14 \cdot 2 \cdot f_0 / 2 + 18 \cdot 3 \cdot f_0 / 3 + 12 \cdot 4 \cdot f_0 / 4 + 6 \cdot 5 \cdot f_0 / 5 + 3 \cdot 6 \cdot f_0 / 6)}{224} = 22.1$ МГц, где $f_0 = \frac{C}{2}$ (частота основной гармоники)

Среднее арифметическое: $f_{1/2} = \frac{50+8.33}{2} = 29.165$ МГц

В спектре сигнала незначительно преобладают низкие частоты: $f_{avg} < f_{1/2}$

Ширина полосы пропускания: $F > 41.67$ МГц

Уровень сигнала



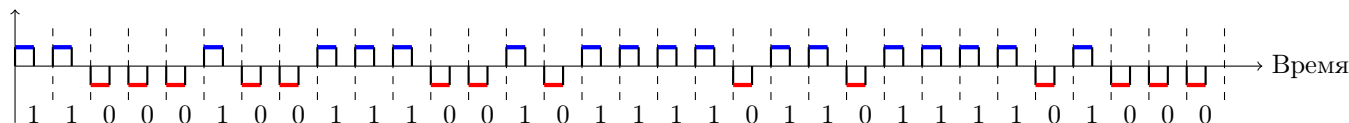
2.3 Биполярный импульсный код (код с возвратом к нулю)

Верхняя граница частот: $f_{up} = C = 100$ МГц

Нижняя граница частот: $f_{down} = \frac{C}{4} = 25$ МГц

Спектр сигнала: $S = f_{up} - f_{down} = 100 - 25 = 75 \text{ МГц}$
 Среднее значение частоты: $f_{avg} = \frac{(363 \cdot f_0 + 17 \cdot f_0 / 2.5)}{380} = 97.31 \text{ МГц}$
 Среднее арифметическое: $f_{1/2} = \frac{100 + 25}{2} = 62.5 \text{ МГц}$
 В спектре сигнала преобладают высокие частоты: $f_{avg} > f_{1/2}$
 Ширина полосы пропускания: $F > 75 \text{ МГц}$

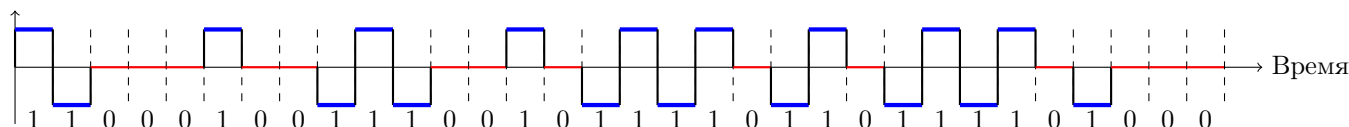
Уровень сигнала



2.4 Биполярное кодирование с чередующейся инверсией

Верхняя граница частот: $f_{up} = \frac{C}{2} = 50 \text{ МГц}$
 Нижняя граница частот: $f_{down} = \frac{C}{12} = 8.33 \text{ МГц}$
 Спектр сигнала: $S = f_{up} - f_{down} = 41.67 \text{ МГц}$
 Среднее значение частоты: $f_{avg} = \frac{(160 \cdot f_0 / 1 + 16 \cdot f_0 / 2 + 21 \cdot f_0 / 3 + 15 \cdot f_0 / 5 + 12 \cdot f_0 / 6)}{224} = 40.17 \text{ МГц}$
 Среднее арифметическое: $f_{1/2} = \frac{50 + 8.33}{2} = 29.165 \text{ МГц}$
 В спектре сигнала преобладают высокие частоты: $f_{avg} > f_{1/2}$
 Ширина полосы пропускания: $F > 41.67 \text{ МГц}$

Уровень сигнала



2.5 Сравнительный анализ

Таблица 1: Сравнительный анализ методов кодирования

Кодирование	Самосинхронизация	Пост. состав	Обнаружение ошибок	Стоимость	Спектр	Частоты
AMI (2.4)	-	+	+	3	41.67	Высокие
RZ (2.3)	+	-	+	3	75	Высокие
NRZ (2.2)	-	+	-	1	41.67	Низкие
M2 (2.1)	+	-	+	2	50	Высокие

2.6 Выбор оптимального кодирования

Наилучшим методом кодирования в нашем случае является Манчестерский код, так как он обладает следующими преимуществами:

- Хорошая самосинхронизация.
- Отсутствие постоянной составляющей, отсюда и преобладание высоких частот.
- Относительно умеренная ширина полосы (50 МГц) по сравнению с RZ (75 МГц).
- Преобладают высокие частоты, что помогает увеличить качество передачи сигнала.
- Простота реализации и высокая надежность при передаче данных (обнаружение ошибок).
- 2 уровня сигнала.

Второй хороший метод для кодирования данного сообщения выбран - Биполярный импульсный код. Обладает широкой полосой пропускания (75) и высокой средней частотой (97.31), что делает его эффективным для скоростной передачи данных. Он также поддерживает обнаружение ошибок.

3 Логическое (избыточное) кодирование исходного сообщения

Результат кодирования:

```
11010010 10111000 10111110 01101111 100
10010111010111111100010111110011011
11100101101110011100101001111011010
11110111001011111100010111110010110
1110101001111001111011100110111100
01010111011111010100111101101011100
11100101111110001011111001010111100
11100111001010011100100101110101111
```

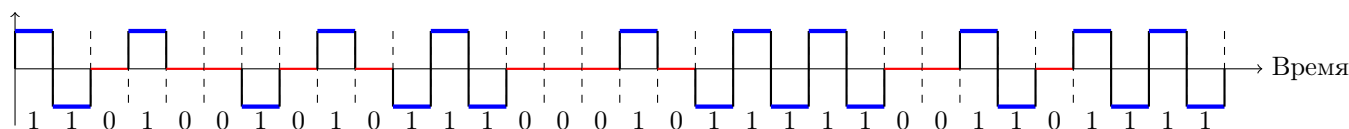
Результат в 16сс: d2b8be6f92ebf8be6f96e729ed7b97e2f96ea79ee6f8aefa9ed7397e2f95e7394e4baf

Длина сообщения полученного при помощи 4В/5В: 35 байт (280 бит)

Избыточность: 0.25

АМГ кодирование

Уровень сигнала



Верхняя граница частот: $f_{up} = \frac{C}{2} = 50$ МГц (не изменилась)

Нижняя граница частот: $f_{down} = \frac{f_{up}}{3} = 16.67$ МГц (увеличилась)

Спектр сигнала: $S = f_{up} - f_{down} = 33.33$ МГц (уменьшилось)

Среднее значение частоты: $f_{avg} = \frac{25 \cdot f_0 + 4 \cdot f_0/2 + 3 \cdot f_0/3}{32} = 43.75$ МГц (увеличилось)

Среднее арифметическое: $f_{1/2} = \frac{50 + 16.66}{2} = 33.33$ МГц (увеличилось)

В спектре сигнала преобладают высокие частоты: $f_{avg} > f_{1/2}$ (осталось)

Ширина полосы пропускания: $F > 33.33$ МГц (уменьшилось)

4 Скремблирование исходного сообщения

Исходное сообщение: 11000100 11100101 11101101 11101000

Выбран полином:

$$B_i = A_i \oplus B_{i-1} \oplus B_{i-3}$$

Произведём расчёты

i	$A[i]$	$B[i-1]$	$B[i-3]$	$B[i] = A[i] \oplus B[i-1] \oplus B[i-3]$
0	1	0	0	$1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$
1	1	1	0	$1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$
2	0	0	0	$0 \oplus 0 \oplus 0 = 0$
3	0	0	1	$0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$
4	0	1	0	$0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$
5	1	1	0	$1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$
6	0	0	1	$0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$
7	0	1	1	$0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$
8	1	0	1	$0 \oplus 0 \oplus 0 = 1$
9	1	0	0	$1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$
10	1	1	0	$1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$
11	0	0	1	$0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$
12	0	1	0	$1 \oplus 1 \oplus 1 = 0$
13	1	0	0	$1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$
14	0	1	1	$0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$
15	1	0	0	$1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$
16	1	1	1	$1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$
17	1	1	0	$1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$
18	1	0	1	$1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$
19	0	0	1	$0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$
20	1	1	0	$1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$
21	1	0	0	$1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$
22	0	1	1	$0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$
23	1	0	0	$1 \oplus 0 \oplus 0 = 1$
24	1	1	1	$1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$
25	1	1	0	$1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$
26	1	0	1	$1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$
27	0	0	1	$0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$
28	1	1	0	$1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$
29	0	0	0	$0 \oplus 0 \oplus 0 = 0$
30	0	0	1	$0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$
31	0	1	0	$0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$

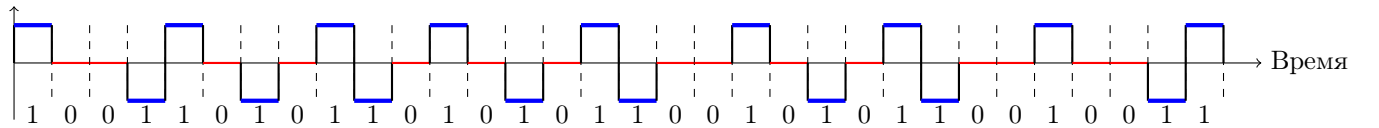
2сс код после кодирования: 10011010 11010101 10010101 10010011

16сс код после кодирования: 9ad59593

Длина сообщения не изменилась. Удалось добиться снижения наибольшего количества повторяющихся символов до 2.

АМІ кодирование

Уровень сигнала



Верхняя граница частот: $f_{up} = \frac{C}{2} = 50$ МГц (не изменилась)

Нижняя граница частот: $f_{down} = \frac{f_{up}}{2} = 25$ МГц (увеличилась)

Спектр сигнала: $S = f_{up} - f_{down} = 25$ МГц (уменьшилось)

Среднее значение частоты: $f_{avg} = \frac{24 \cdot f_0 + 8 \cdot f_0/2}{32} = 43.75$ МГц (увеличилось)

Среднее арифметическое: $f_{1/2} = \frac{50+25}{2} = 37.5$ МГц (увеличилось)

В спектре сигнала преобладают высокие частоты: $f_{avg} > f_{1/2}$ (осталось)

Ширина полосы пропускания: $F > 25$ МГц (уменьшилось)

5 Сравнение и выводы

Таблица 2: Сравнительный анализ методов кодирования

Кодирование	Самосинхронизация	Пост. состав	Обнаружение ошибок	Стоимость	Спектр	Частоты
AMI (2.4)	-	+	+	3	41.67	Высокие
AMI (3)	-	+	+	3	33.33	Высокие
AMI (4)	-	+	+	3	25	Высокие
RZ (2.3)	+	-	+	3	75	Высокие
NRZ (2.2)	-	+	-	1	41.67	Низкие
M2 (2.1)	+	-	+	2	50	Высокие

Наилучшим способом кодирования всё же остаётся .биполярное кодирование с чередующейся инверсией. Избыточное кодирование и скремблирование позволяет разбить длинные цепочки нулей или единиц, что даёт более высокие нижние частоты и меньшую ширину спектра.