

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики»

ФАКУЛЬТЕТ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

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

Выполнил:
Векшин А. И. Р3316
Преподаватель:
Тропченко А.А.

Цель работы

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

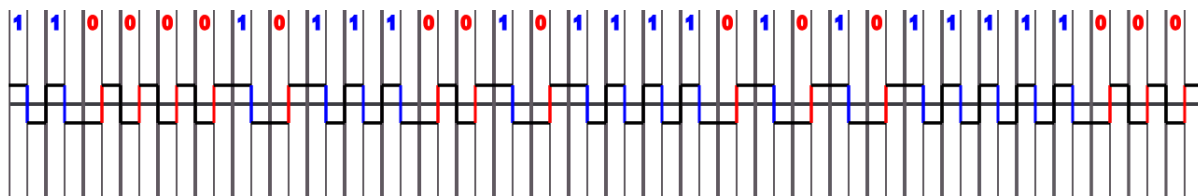
Формирование сообщения

Исходное сообщение	ВАИ
HEX	C2 C0 C8
BIN	11000010 11000000 11001000
Длина сообщения	3 байта (24 бит)

Физическое кодирование сообщения

Пропускная способность канала: $C = 100 \text{ Мбит/с}$

М2 - Манчестерский код



$$C = 100 \frac{\text{Мбит}}{\text{с}} \Rightarrow t = 10 \text{ нс}$$

Высокая частота: $T = t = 10 \text{ нс} \Rightarrow f_{\text{в}} = \frac{1}{T} = C = 100 \text{ МГц}$

Низкая частота: $T = 2t = 20 \text{ нс} \Rightarrow f_{\text{н}} = \frac{1}{T} = \frac{C}{2} = 50 \text{ МГц}$

Спектр: $S = f_{\text{в}} - f_{\text{н}} = 100 - 50 = 50 \text{ МГц}$

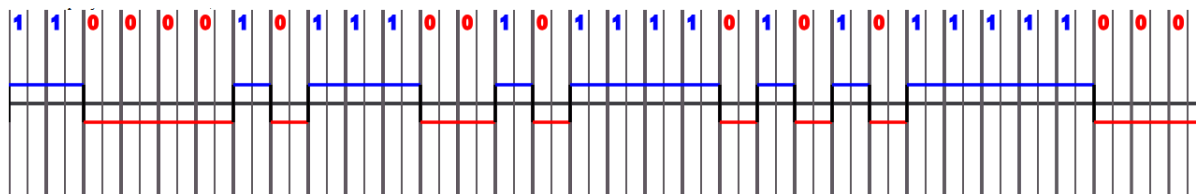
Средняя частота: $f_{\text{ср}} = \frac{(30 \cdot 100 + 18 \cdot 50)}{48} = \frac{275}{4} = 81.75 \text{ МГц}$

Середина спектра: $f_{\frac{1}{2}} = \frac{100 + 50}{2} = 75 \Rightarrow f_{\text{ср}} > f_{\frac{1}{2}}$

В спектре сигнала преобладают высокие частоты

Полоса пропускания: $F = 60 \text{ МГц}$

NRZ – Потенциальный код без возврата к нулю



$$C = 100 \frac{\text{Мбит}}{\text{с}} \Rightarrow t = 10 \text{ нс}$$

Высокая частота: $T = 2t = 20 \text{ нс} \Rightarrow f_{\text{в}} = \frac{1}{T} = \frac{C}{2} = 50 \text{ МГц}$

Низкая частота: $T = 12t = 120 \text{ нс} \Rightarrow f_{\text{н}} = \frac{1}{T} = \frac{C}{6} = 8.33 \text{ МГц}$

Спектр: $S = f_{\text{в}} - f_{\text{н}} = 50 - 8.33 = 41.67 \text{ МГц}$

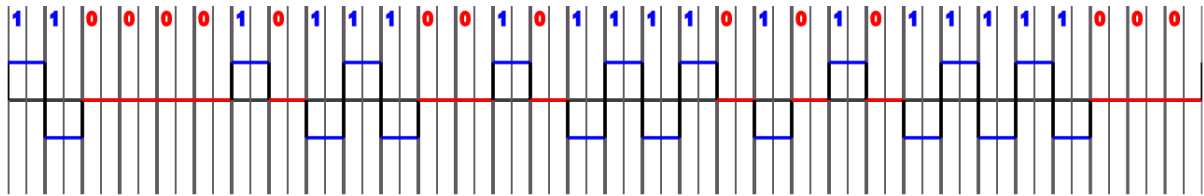
Средняя частота: $f_{\text{ср}} = \frac{3 \cdot 50 + 8 \cdot 25 + 3 \cdot 16.67 + 4 \cdot 12.5 + 6 \cdot 8.33}{24} = 20.83 \text{ МГц}$

Середина спектра: $f_{\frac{1}{2}} = \frac{50 + 8.33}{2} = 29.165 \Rightarrow f_{\text{ср}} < f_{\frac{1}{2}}$

В спектре сигнала преобладают низкие частоты

Полоса пропускания: $F = 45 \text{ МГц}$

АМІІ - Биполярное кодирование с альтернативной инверсией



$$C = 100 \frac{\text{Мбит}}{\text{с}} \Rightarrow t = 10 \text{ нс}$$

Высокая частота: $T = 2t = 20 \text{ нс} \Rightarrow f_{\text{в}} = \frac{1}{T} = \frac{c}{2} = 50 \text{ МГц}$

Низкая частота: $T = 12t = 120 \text{ нс} \Rightarrow f_{\text{н}} = \frac{1}{T} = \frac{c}{8} = 8.33 \text{ МГц}$

Спектр: $S = f_{\text{в}} - f_{\text{н}} = 50 - 8.33 = 41.67 \text{ МГц}$

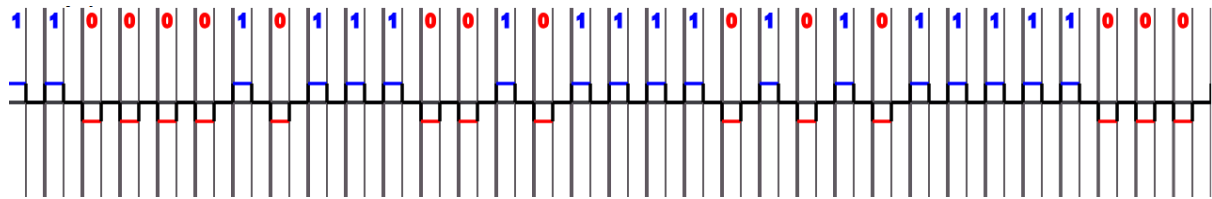
Средняя частота: $f_{\text{ср}} = \frac{9 \cdot 50 + 2 \cdot 25 + 3 \cdot 16.67 + 4 \cdot 12.5 + 6 \cdot 8.33}{24} = 27.0833 \text{ МГц}$

Середина спектра: $f_{\frac{1}{2}} = \frac{50 + 8.33}{2} = 29.165 \Rightarrow f_{\text{ср}} < f_{\frac{1}{2}}$

В спектре сигнала преобладают низкие частоты

Полоса пропускания: $F = 45 \text{ МГц}$

RZ – Биполярный импульсный код



$$C = 100 \frac{\text{Мбит}}{\text{с}} \Rightarrow t = 10 \text{ нс}$$

Высокая частота: $T = t = 10 \text{ нс} \Rightarrow f_{\text{в}} = \frac{1}{T} = C = 100 \text{ МГц}$

Низкая частота: $T = 2.5t = 25 \text{ нс} \Rightarrow f_{\text{н}} = \frac{1}{T} = \frac{C}{3} = 40 \text{ МГц}$

Спектр: $S = f_{\text{в}} - f_{\text{н}} = 100 - 40 = 60 \text{ МГц}$

Средняя частота: $f_{\text{ср}} = \frac{38 \cdot 100 + 2 \cdot 40}{40} = 95 \text{ МГц}$

Середина спектра: $f_{\frac{1}{2}} = \frac{100 + 40}{2} = 70 \Rightarrow f_{\text{ср}} > f_{\frac{1}{2}}$

В спектре сигнала преобладают высокие частоты

Полоса пропускания: $F = 65 \text{ МГц}$

Сравнение методов

Метод	Достоинства / Недостатки
Манчестерский код	+ Имеет всего два уровня сигнала + Отсутствует постоянная составляющая + Есть самосинхронизация +- Средняя ширина спектра сигнала
Потенциальный код без возврата к нулю	+ Имеет всего два уровня + Малая ширина спектра сигнала - Отсутствует самосинхронизация - Присутствует постоянная составляющая
Биполярное кодирование с альтернативной инверсией	+ Возможность распознавать ошибки сигнала + Малая ширина спектра + При передаче последовательностей из единиц отсутствует постоянная составляющая и есть возможность синхронизации - При передаче последовательностей из нулей присутствует постоянная составляющая и нет возможности синхронизации - Наличие трех уровней сигнала
Биполярный импульсный код	+ Наличие самосинхронизации + Отсутствует постоянная составляющая - Широкий спектр сигнала - Наличие трех уровней сигнала

Наиболее эффективное использование полосы пропускания демонстрируют NRZ и AMII.

Манчестерский код (M2) и биполярный импульсный код (RZ) обеспечивают лучшую синхронизацию, но требуют большей полосы пропускания.

AMII предоставляет встроенный контроль ошибок, что делает его подходящим для передачи данных с высокой надежностью.

NRZ является наиболее простой и энергоэффективной схемой, но требует дополнительных механизмов синхронизации.

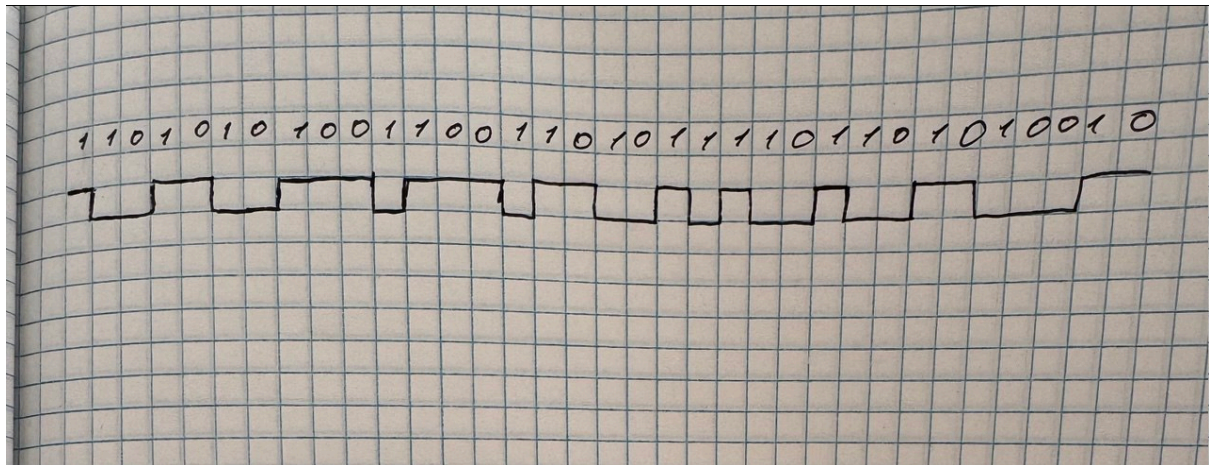
Логическое(избыточное) кодирование исходного сообщения

1100 0010 1100 0000 1100 1000

Полученное двоичное сообщение: 11010 10100 11010 11110 11010 10010

Длина нового сообщения: 30 битов

Избыточность: $\frac{5-4}{4} = 0.25$ (25%)



NRZI – Non Return to Zero Invertive

$$C = 100 \frac{\text{Мбит}}{\text{с}} \Rightarrow t = 10 \text{ нс}$$

Высокая частота:

$$T = 2t = 200 \text{ нс} \Rightarrow f_{\text{в}} = \frac{1}{T} = \frac{C}{2} = 5 \text{ МГц}$$

Низкая частота:

$$T = 6t = 600 \text{ нс} \Rightarrow f_{\text{н}} = \frac{1}{T} = \frac{C}{6} = 1.67 \text{ МГц}$$

Спектр:

$$S = f_{\text{в}} - f_{\text{н}} = 5 - 1.67 = 3.33 \text{ МГц}$$

Средняя частота:

$$f_{\text{ср}} = \frac{7 \cdot 5 + 8 \cdot 2.5 + 3 \cdot 1.67}{30} = 3.44 \text{ МГц}$$

Середина спектра:

$$f_{\frac{1}{2}} = \frac{5 + 1.67}{2} = 3.335 \text{ МГц} \Rightarrow f_{\text{ср}} > f_{\frac{1}{2}}$$

Полоса пропускания:

$$F = 4 \text{ МГц}$$

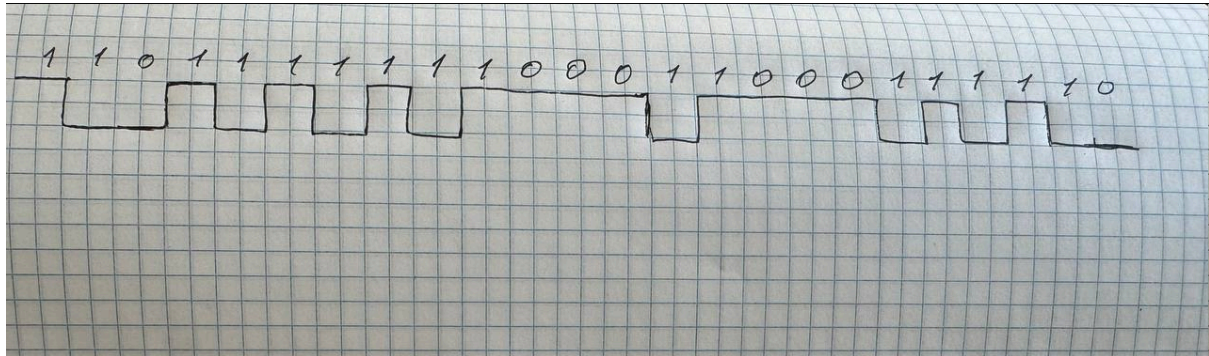
Скремблирование исходного сообщения

11011000111010001100110011000101

Алгоритм: $B_i = A_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5}$

Полученное двоичное сообщение: 1101 1111 1100 0110 0011 1110

В шестнадцатеричной системе: DF C6 3E



NRZI – Non Return to Zero Invertive

$$C = 100 \frac{\text{Мбит}}{\text{с}} \Rightarrow t = 10 \text{ нс}$$

Высокая частота: $T = 2t = 200 \text{ нс} \Rightarrow f_{\text{в}} = \frac{1}{T} = \frac{C}{2} = 5 \text{ МГц}$

Низкая частота: $T = 18t = 600 \text{ нс} \Rightarrow f_{\text{н}} = \frac{1}{T} = \frac{C}{18} = 0.56 \text{ МГц}$

Спектр: $S = f_{\text{в}} - f_{\text{н}} = 5 - 0.56 = 4.44 \text{ МГц}$

Средняя частота: $f_{\text{ср}} = \frac{8 \cdot 5 + 3 \cdot 2.5 + 4 \cdot 1.25 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 0.56}{17} = 3.18 \text{ МГц}$

Середина спектра: $f_{\frac{1}{2}} = \frac{5+0.56}{2} = 2.78 \text{ МГц} \Rightarrow f_{\text{ср}} > f_{\frac{1}{2}}$

Полоса пропускания: $F = 5 \text{ МГц}$

Сравнительный анализ результатов кодирования

Метод	Достоинства/Недостатки
NRZI – Non Return to Zero Invertive	<ul style="list-style-type: none"> + Возможность распознавать ошибки сигнала + Малая ширина спектра + При передаче последовательностей из единиц отсутствует постоянная составляющая и есть возможность синхронизации - При передаче последовательностей из нулей присутствует постоянная составляющая и нет возможности синхронизации - Наличие трех уровней сигнала
Логическое кодирование + NRZI – Non Return to Zero Invertive	По сравнению с NRZI: <ul style="list-style-type: none"> + Более маленькая ширина спектра сигнала + Менее длинные постоянные составляющие + Простая реализация в виде таблицы перекодировки - Уменьшении пропускной способности из-за лишних бит - Дополнительные ресурсные затраты при логическом кодировании
Скремблирование + NRZI – Non Return to Zero Invertive	По сравнению с NRZI: <ul style="list-style-type: none"> + Нет уменьшения пропускной способности - Более широкая ширина спектра сигнала - Более длинные постоянные составляющие

Наиболее эффективный алгоритм кодирования для составленного сообщения и NRZI это избыточное кодирование.

В этом методе спектр становится меньше, а также снижается длина постоянных составляющих. Но избыточность составляет 25%.