

Национальный исследовательский университет ИТМО  
Факультет программной инженерии и компьютерной техники

**Учебно-исследовательская работа №1**  
**по дисциплине Сети ЭВМ и телекоммуникации**

Студент: Саржевский Иван

Группа: Р3302

г. Санкт-Петербург

2020 г.

# Содержание

<b>1</b>	<b>Цель</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Задание</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Формирование сообщения</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Физическое кодирование</b>	<b>2</b>
4.1	Выделение основной частоты . . . . .	2
4.2	Потенциальный код NRZ . . . . .	3
4.3	Манчестерское кодирование . . . . .	4
4.4	Потенциальный код RZ . . . . .	6
4.5	Пятиуровневый код PAM-5 . . . . .	7

# 1 Цель

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

# 2 Задание

Выполнить логическое и физическое кодирование исходного сообщения в соответствии с заданными методами кодирования, провести сравнительный анализ рассматриваемых методов кодирования, выбрать и обосновать наилучший метод для передачи исходного сообщения.

# 3 Формирование сообщения

*Сообщение:* Саржевский И.А.

*Hex-код:* D1 E0 F0 E6 E5 E2 F1 EA E8 E9 20 C8 2E C0 2E

11010001 11100000 11110000 11100110 11100101 11100010 11110001

*Bin-код:* 11101010 11101000 11101001 00100000 11001000 00101110 11000000  
00101110

*Длина:* 15 байт (120 бит)

# 4 Физическое кодирование

## 4.1 Выделение основной частоты

Определим частоту основной гармоники бесконечного сигнала 10101010... как базовую частоту  $f_0$ . В таком случае, частоту основной гармоники сигнала с повторением произвольного количества нулей и единиц удобно представить в виде  $f = f_0/x$ , где  $x$  - длина последовательности нулей и единиц (например, очевидно что частота основной гармоники сигнала 110011001100... равна  $f_0/2$ ).

Введение такой переменной позволяет нам записать ряд Фурье для бесконечного сигнала с повторением произвольного количества нулей и единиц таким образом:

$$\sum_y (A_0/y) \sin(2\pi \frac{y f_0}{x} t)$$

, где  $y \in \{1, 3, 5, 7\}$ , а  $x$  - длина периода повторяющихся символов.

Определим  $f_0$  для разных значений пропускной способности. Она будет равна единице, деленной на период основной гармоники, равный времени передачи двух бит сообщения. Таким образом, для пропускной способности  $x$ :

$$B_t = 1/x$$

$$T_0 = 2B_t$$

$$f_0 = 1/T_0$$

Пропускная способность, Мbps	Базовая частота $f_0$ , Гц
10	$0.5 * 10^7$
100	$0.5 * 10^8$
1000	$0.5 * 10^9$

## 4.2 Потенциальный код NRZ

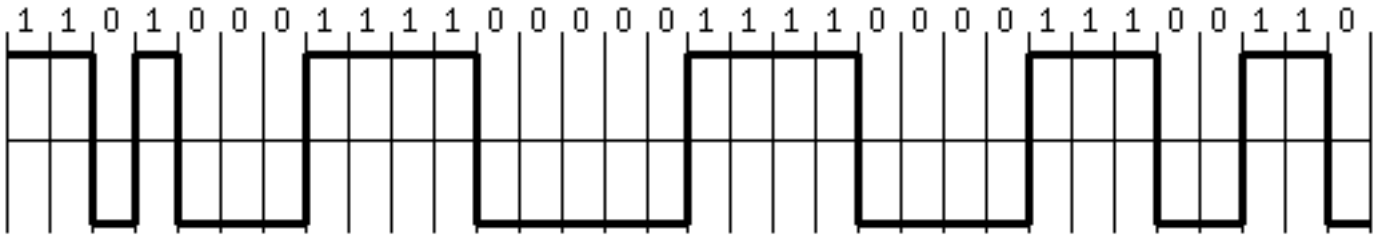


Рис. 1: Кодирование первых четырех байт потенциальным кодом NRZ

Из диаграммы легко понять, что  $T_{min}$  достигается при кодировании чередующихся сигналов, из чего следует, что  $T_{min} = T_0$  и  $f_{max} = f_0$ . Для определения  $T_{max}$  найдем участок с минимальным чередованием. Для данного вида кодирования такой участок достигается при передаче последовательности из 8 символов 0, следовательно  $T_{max} = 8T_0$ , а  $f_{min} = \frac{f_0}{8}$ .

Разложение в ряд Фурье для сигнала представляющего из себя последовательность чередующихся единиц и нулей будет иметь вид:

$$A_0 \sin(2\pi f_0 t) + (A_0/3) \sin(2\pi 3f_0 t) + (A_0/5) \sin(2\pi 5f_0 t) + (A_0/7) \sin(2\pi 7f_0 t)$$

Аналогичное разложение для сигнала с чередующимися последовательностями из 8 единиц и нулей будет иметь вид:

$$A_0 \sin(2\pi \frac{f_0}{8} t) + (A_0/3) \sin(2\pi \frac{3f_0}{8} t) + (A_0/5) \sin(2\pi \frac{5f_0}{8} t) + (A_0/7) \sin(2\pi \frac{7f_0}{8} t)$$

Получаем спектр частот  $\frac{f_0}{8} \dots 7f_0$ .

Пропускная способность: 10 Mbps	
Частота основной гармоники сигнала 11111...	0 Гц
Верхняя граница частот в передаваемом сообщении	35000000 Гц
Нижняя граница частот в передаваемом сообщении	625000 Гц
Необходимая полоса пропускания	625000 : 35000000 Гц
Пропускная способность: 100 Mbps	
Частота основной гармоники сигнала 11111...	0 Гц
Верхняя граница частот в передаваемом сообщении	350000000 Гц
Нижняя граница частот в передаваемом сообщении	6250000 Гц
Необходимая полоса пропускания	6250000 : 350000000 Гц
Пропускная способность: 1000 Mbps	
Частота основной гармоники сигнала 11111...	0 Гц
Верхняя граница частот в передаваемом сообщении	3500000000 Гц
Нижняя граница частот в передаваемом сообщении	62500000 Гц
Необходимая полоса пропускания	62500000 : 3500000000 Гц

### Определение среднего значения частоты передаваемого сообщения

Частота	Участки	Кол-во битовых интервалов	Отношение к $f_0$
$f_1$	1 и 0	25	$f_0/1$
$f_2$	111 и 000	30	$f_0/3$
$f_3$	11111 и 00000	15	$f_0/5$
$f_4$	1111 и 0000	24	$f_0/4$
$f_5$	11 и 00	18	$f_0/2$
$f_6$	11111111 и 00000000	8	$f_0/8$

$$f_{mean} = 25/120 * f_1 + 30/120 * f_2 + 15/120 * f_3 + 24/120 * f_4 + 18/120 * f_5 + 8/120 * f_6$$

Пропускная способность, Mbps	$f_{mean}$ , Гц
10	2250000
100	22500000
1000	225000000

### 4.3 Манчестерское кодирование

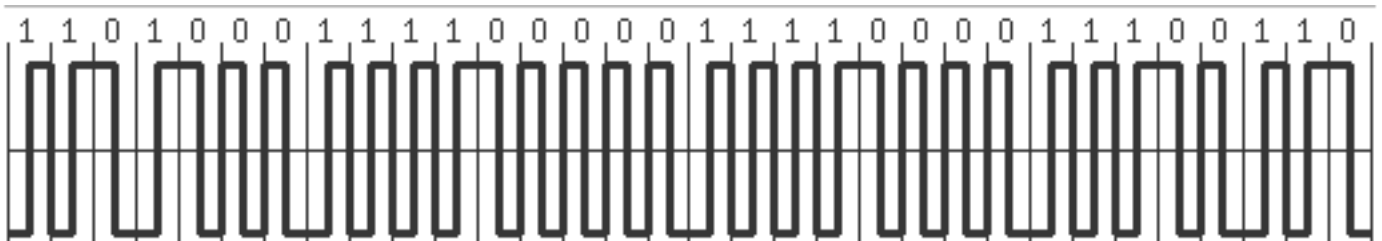


Рис. 2: Кодирование первых четырех байт Манчестерским кодом

Из диаграммы легко понять, что  $T_{min}$  достигается при кодировании последовательных одинаковых бит (00 или 11), при этом  $T_{min} = T_0/2$  и  $f_{max} = 2f_0$ .  $T_{max}$  возникает в

следствие кодирования чередующихся бит (01 и 10) и равен  $f_0$ . Сигнал вида 11111... или 00000... аналогичен последовательности сигналов 11, следовательно частота его основной гармоники равна  $f_{max}$ .

Разложение в ряд Фурье для сигнала представляющего из себя последовательность единиц или нулей будет иметь вид:

$$A_0 \sin(2\pi 2f_0 t) + (A_0/3) \sin(2\pi 6f_0 t) + (A_0/5) \sin(2\pi 10f_0 t) + (A_0/7) \sin(2\pi 14f_0 t)$$

Аналогичное разложение для сигнала с чередующимися последовательностями из единиц и нулей будет иметь вид:

$$A_0 \sin(2\pi f_0 t) + (A_0/3) \sin(2\pi 3f_0 t) + (A_0/5) \sin(2\pi 5f_0 t) + (A_0/7) \sin(2\pi 7f_0 t)$$

Получаем спектр частот  $f_0 \dots 14f_0$

Пропускная способность: 10 Mbps	
Частота основной гармоники сигнала 11111...	10000000 Гц
Верхняя граница частот в передаваемом сообщении	70000000 Гц
Нижняя граница частот в передаваемом сообщении	50000000 Гц
Необходимая полоса пропускания	50000000 : 70000000 Гц
Пропускная способность: 100 Mbps	
Частота основной гармоники сигнала 11111...	100000000 Гц
Верхняя граница частот в передаваемом сообщении	700000000 Гц
Нижняя граница частот в передаваемом сообщении	500000000 Гц
Необходимая полоса пропускания	500000000 : 700000000 Гц
Пропускная способность: 1000 Mbps	
Частота основной гармоники сигнала 11111...	1000000000 Гц
Верхняя граница частот в передаваемом сообщении	7000000000 Гц
Нижняя граница частот в передаваемом сообщении	5000000000 Гц
Необходимая полоса пропускания	5000000000 : 7000000000 Гц

### Определение среднего значения частоты передаваемого сообщения

Частота	Участки	Кол-во битовых интервалов	Отношение к $f_0$
$f_1$	11 и 00	66	$f_0 * 2$
$f_2$	1 и 0	54	$f_0 * 1$

$$f_{mean} = 66/120 * f_1 + 54/120 * f_2$$

Пропускная способность, Mbps	$f_{mean}$ , Гц
10	7750000
100	77500000
1000	775000000

## 4.4 Потенциальный код RZ

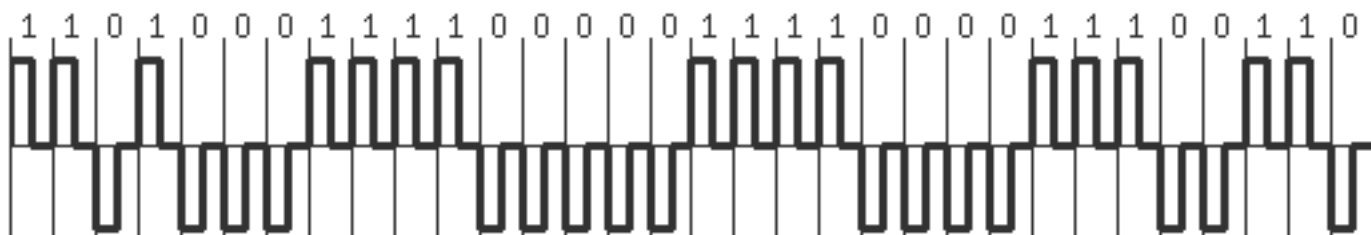


Рис. 3: Кодирование первых четырех байт потенциальным кодом RZ

Из диаграммы легко понять, что  $T_{min}$  достигается при кодировании последовательных одинаковых бит (00 или 11), при этом  $T_{min} = T_0/2$  и  $f_{max} = 2f_0$ .  $T_{max}$  возникает в следствие кодирования чередующихся бит (01 и 10) и равен  $f_0$ . Сигнал вида 11111... или 00000... аналогичен последовательности сигналов 11, следовательно частота его основной гармоники равна  $f_{max}$ .

Разложение в ряд Фурье для сигнала представляющего из себя последовательность единиц или нулей будет иметь вид:

$$A_0 \sin(2\pi 2f_0 t) + (A_0/3) \sin(2\pi 6f_0 t) + (A_0/5) \sin(2\pi 10f_0 t) + (A_0/7) \sin(2\pi 14f_0 t)$$

Аналогичное разложение для сигнала с чередующимися последовательностями из единиц и нулей будет иметь вид:

$$A_0 \sin(2\pi f_0 t) + (A_0/3) \sin(2\pi 3f_0 t) + (A_0/5) \sin(2\pi 5f_0 t) + (A_0/7) \sin(2\pi 7f_0 t)$$

Получаем спектр частот  $f_0 \dots 14f_0$

Пропускная способность: 10 Mbps	
Частота основной гармоники сигнала 11111...	10000000 Гц
Верхняя граница частот в передаваемом сообщении	70000000 Гц
Нижняя граница частот в передаваемом сообщении	5000000 Гц
Необходимая полоса пропускания	5000000 : 70000000 Гц
Пропускная способность: 100 Mbps	
Частота основной гармоники сигнала 11111...	100000000 Гц
Верхняя граница частот в передаваемом сообщении	700000000 Гц
Нижняя граница частот в передаваемом сообщении	50000000 Гц
Необходимая полоса пропускания	50000000 : 700000000 Гц
Пропускная способность: 1000 Mbps	
Частота основной гармоники сигнала 11111...	1000000000 Гц
Верхняя граница частот в передаваемом сообщении	7000000000 Гц
Нижняя граница частот в передаваемом сообщении	500000000 Гц
Необходимая полоса пропускания	500000000 : 7000000000 Гц

## Определение среднего значения частоты передаваемого сообщения

Частота	Участки	Кол-во битовых интервалов	Отношение к $f_0$
$f_1$	11 и 00	66	$f_0 * 2$
$f_2$	1 и 0	54	$f_0 * 1$

$$f_{mean} = 66/120 * f_1 + 54/120 * f_2$$

Пропускная способность, Mbps	$f_{mean}$ , Гц
10	7750000
100	77500000
1000	775000000

## 4.5 Пятиуровневый код РМ-5

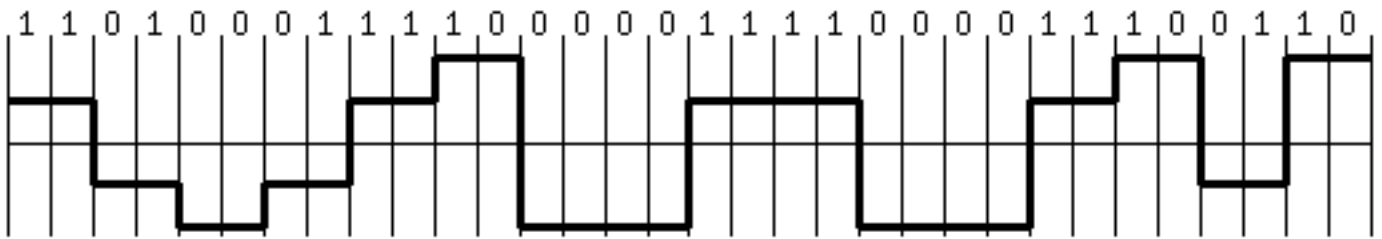


Рис. 4: Кодирование первых четырех байт потенциальным кодом 2BQ1 (РАМ-5)

$T_{max}$  достигается на участке 11101010111010 и равен  $14T_0$ , следовательно  $f_{min} = f_0/14$ .  $T_{min}$  достигается на участках с чередованием 11 и 00 и равна  $2T_0$ , следовательно  $f_{max} = f_0/2$ . Сигналы вида 111111... и 000000... выражаются в прямую линию, поэтому частота в этом случае равна 0.

Разложение в ряд Фурье для сигнала, имеющего период  $T_{min}$  будет иметь вид:

$$A_0 \sin(2\pi \frac{f_0}{2}t) + (A_0/3) \sin(2\pi 3 \frac{f_0}{2}t) + (A_0/5) \sin(2\pi 5 \frac{f_0}{2}t) + (A_0/7) \sin(2\pi 7 \frac{f_0}{2}t)$$

Аналогичное разложение для сигнала с периодом  $T_{max}$ :

$$A_0 \sin(2\pi \frac{f_0}{14}t) + (A_0/3) \sin(2\pi 3 \frac{f_0}{14}t) + (A_0/5) \sin(2\pi 5 \frac{f_0}{14}t) + (A_0/7) \sin(2\pi 7 \frac{f_0}{14}t)$$

Получаем спектр частот  $f_0/14...3.5f_0$



Пропускная способность: 10 Mbps	
Частота основной гармоники сигнала 11111...	0 Гц
Верхняя граница частот в передаваемом сообщении	175000000 Гц
Нижняя граница частот в передаваемом сообщении	357142 Гц
Необходимая полоса пропускания	357142 : 175000000 Гц
Пропускная способность: 100 Mbps	
Частота основной гармоники сигнала 11111...	0 Гц
Верхняя граница частот в передаваемом сообщении	1750000000 Гц
Нижняя граница частот в передаваемом сообщении	3571428 Гц
Необходимая полоса пропускания	3571428 : 1750000000 Гц
Пропускная способность: 1000 Mbps	
Частота основной гармоники сигнала 11111...	0 Гц
Верхняя граница частот в передаваемом сообщении	17500000000 Гц
Нижняя граница частот в передаваемом сообщении	35714285 Гц
Необходимая полоса пропускания	35714285 : 17500000000 Гц

### Определение среднего значения частоты передаваемого сообщения

TODO: разобраться как его посчитать