Университет ИТМО Факультет ПИиКТ

Учебно-исследовательская работа

«Методы кодирования в компьютерных сетях»

**Выполнил**: Кочнев Роман Дмитревич

**Группа**: P33081

**Проверила**: Авксентьева

Елена Юрьевна

Санкт-Петербург 2024

# Содержание отчета

Оглавление

[**Содержание отчета 2**](#_gjdgxs)

[**Часть 1. Методы физического и логического кодирования 2**](#_30j0zll)

[Этап 1. Формирование сообщения 2](#_1fob9te)

[Этап 2. Физическое кодирование исходного сообщения 2](#_3znysh7)

[Манчестерское кодирование 2](#_2et92p0)

[NRZ 3](#_tyjcwt)

[RZ 3](#_28h4qwu)

[Сравнительный анализ рассмотренных способов кодирования 4](#_1t3h5sf)

[Этап 3. Логическое (избыточное) кодирование исходного сообщения 5](#_4d34og8)

[Этап 4. Скремблирование исходного сообщения 6](#_2s8eyo1)

[Этап 5. Сравнительный анализ результатов кодирования 7](#_17dp8vu)

[**Часть 2. Передача кодированного сообщения по каналу связи 8**](#_3rdcrjn)

[Этап 6. Определение минимальной полосы пропускания идеального канала связи 8](#_26in1rg)

[NRZ 8](#_lnxbz9)

[RZ 8](#_35nkun2)

[Этап 7. Определение максимально допустимых уровней шумов, рассинхронизации и затухания 10](#_1ksv4uv)

[NRZ: шум 10](#_44sinio)

[NRZ: desync 11](#_2jxsxqh)

[NRZ: voltage 11](#_z337ya)

[RZ: шум 12](#_3j2qqm3)

[RZ: desync 12](#_1y810tw)

[RZ: voltage 13](#_4i7ojhp)

[Manchester: шум 13](#_2xcytpi)

[Manchester: desync 14](#_1ci93xb)

[Manchester: voltage 14](#_3whwml4)

[4B: шум 15](#_2bn6wsx)

[4B: desync 15](#_qsh70q)

[4B: voltage 16](#_3as4poj)

[scrambling: шум 16](#_1pxezwc)

[scrambling: desync 17](#_49x2ik5)

[scrambling: voltage 17](#_2p2csry)

[Этап 8. Оценка достоверности распознавания сигналов на приемном конце 18](#_147n2zr)

[NRZ 18](#_3o7alnk)

[RZ 19](#_23ckvvd)

[M2 19](#_ihv636)

[4B 20](#_32hioqz)

[Scrambling 20](#_1hmsyys)

[Этап 9. Определение значений уровней шумов, рассинхронизации и граничного напряжения для реального канала связи 21](#_41mghml)

[Этап 10. Определение требуемой полосы пропускания реального канала связи 21](#_2grqrue)

[NRZ 21](#_vx1227)

[RZ 22](#_3fwokq0)

[M2 22](#_1v1yuxt)

[4B 23](#_4f1mdlm)

[Scrambling 23](#_2u6wntf)

[Этап 11. Анализ полученных результатов и выбор наилучшего способа кодирования исходного сообщения 24](#_19c6y18)

[**Вывод 25**](#_3tbugp1)

# Часть 1. Методы физического и логического кодирования

## Этап 1. Формирование сообщения

**Исходное сообщение:** КРД (Кочнев Роман Дмитриевич)

**16-ричный код:** C4D0CA

**Двоичный код:** 11000100 11010000 11001010

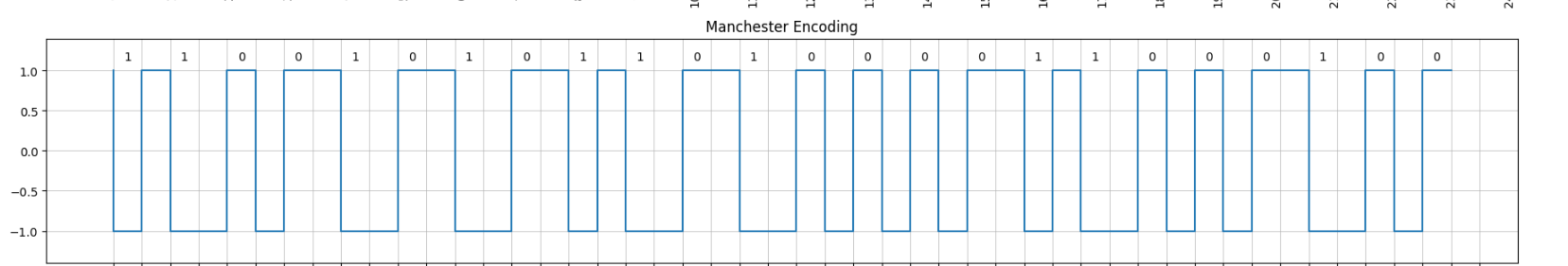
**Длина сообщения:** 3 байта (24 бита)

## Этап 2. Физическое кодирование исходного сообщения

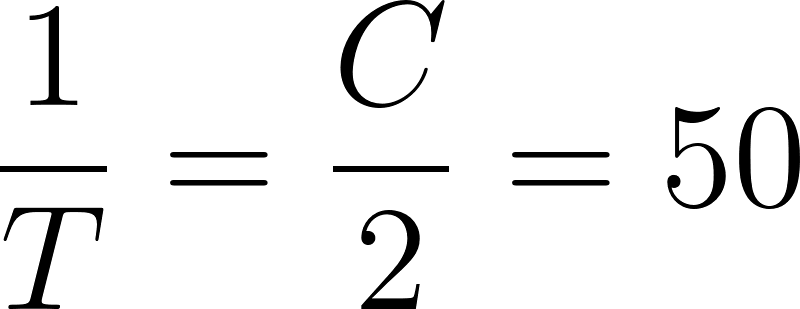
Пропускная способность канала связи 100 Мбит/с

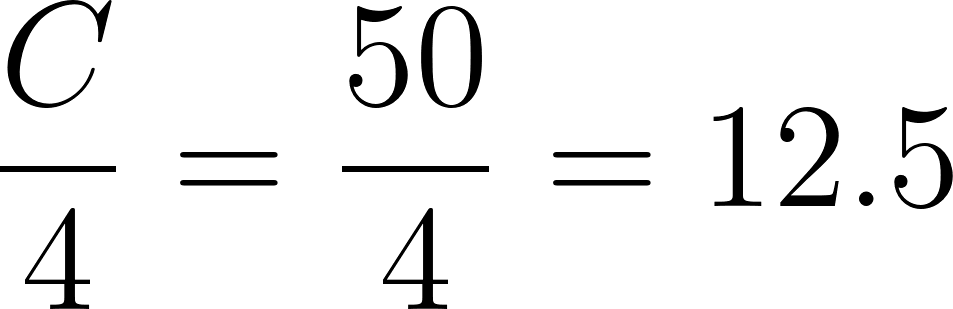
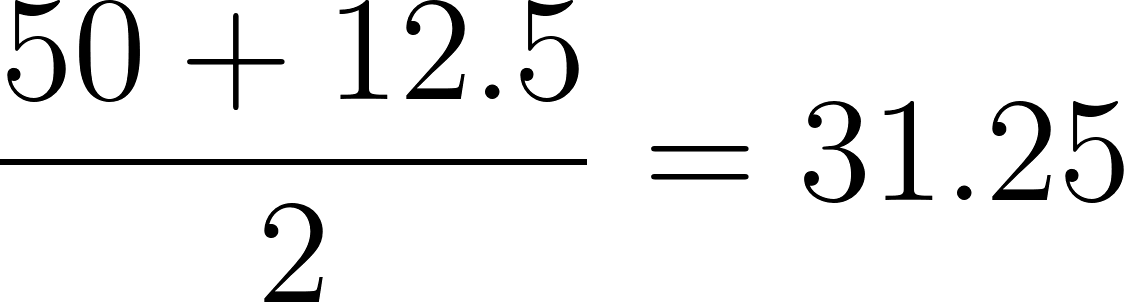
### Манчестерское кодирование

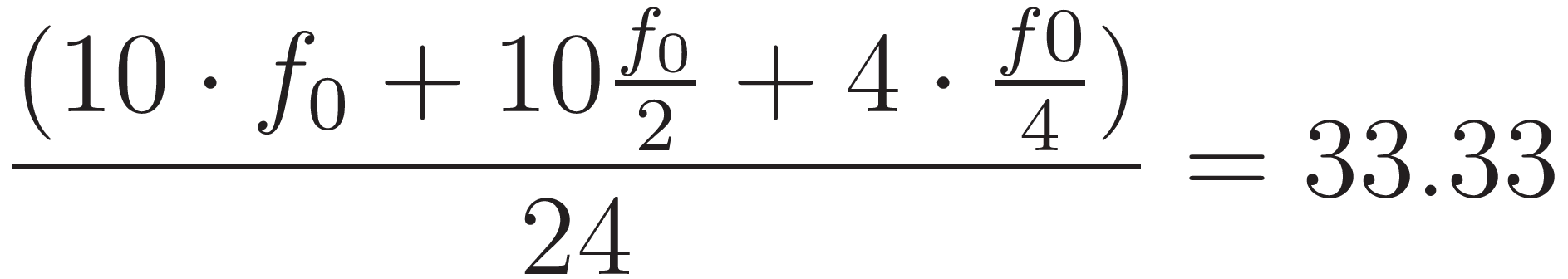
| * Верхняя граница частот: |  | МГц |
| --- | --- | --- |
| * Нижняя граница частот: | МГц |  |
| * Середина спектра: | МГц |  |
| * Средняя частота: * Спектр сигнала: 50 МГц * Полоса пропускания: 50 МГц |  | МГц (  ) |

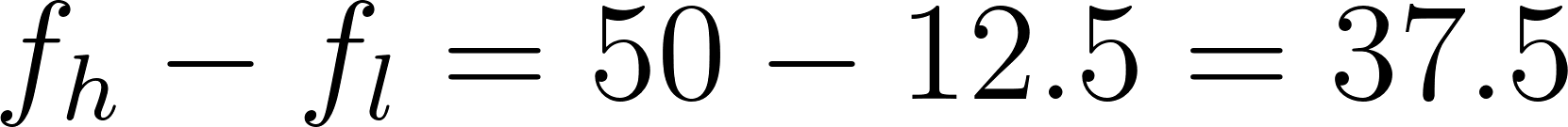


### NRZ

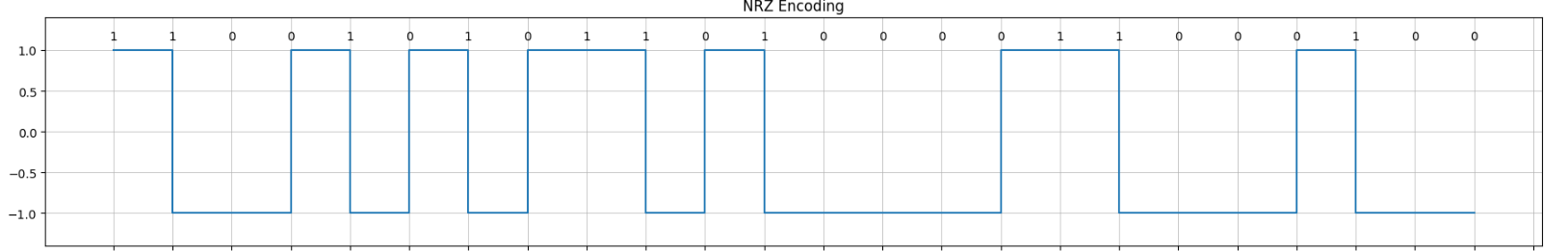
Верхняя граница частот:  МГц

Длина наибольшей последовательности из 0 или 1 = 4 Нижняя граница частот:  МГц Середина спектра:  МГц

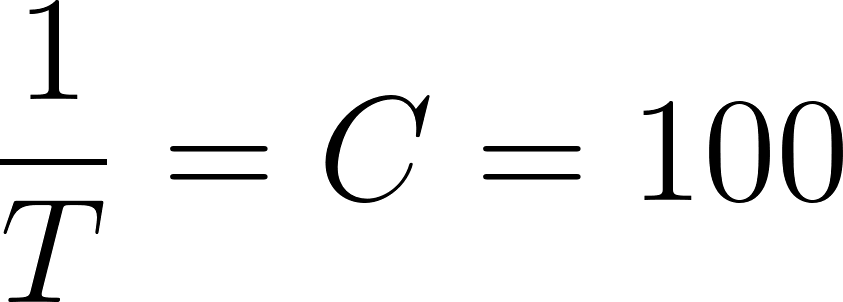
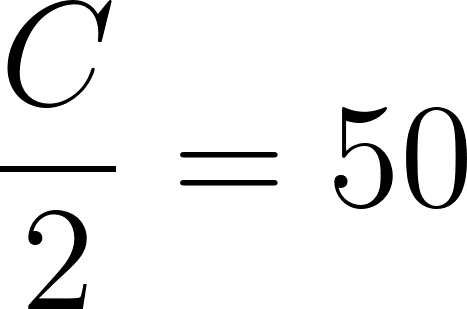
Средняя частота:  МГц

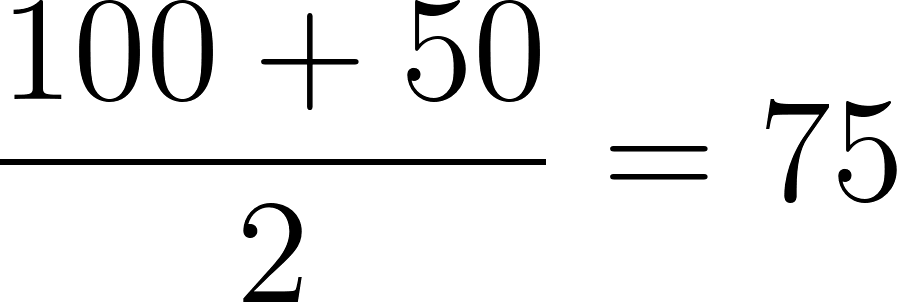
Спектр сигнала:  МГц

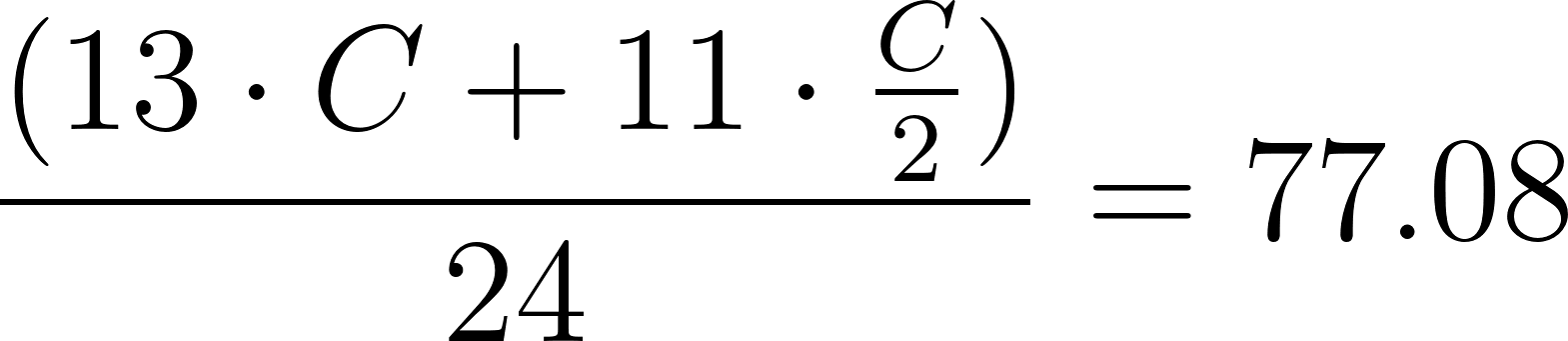
Полоса пропускания: 37.5 МГц

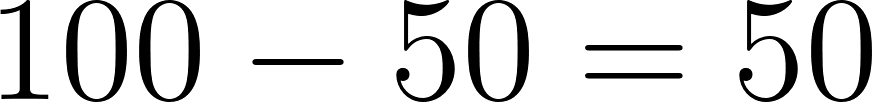


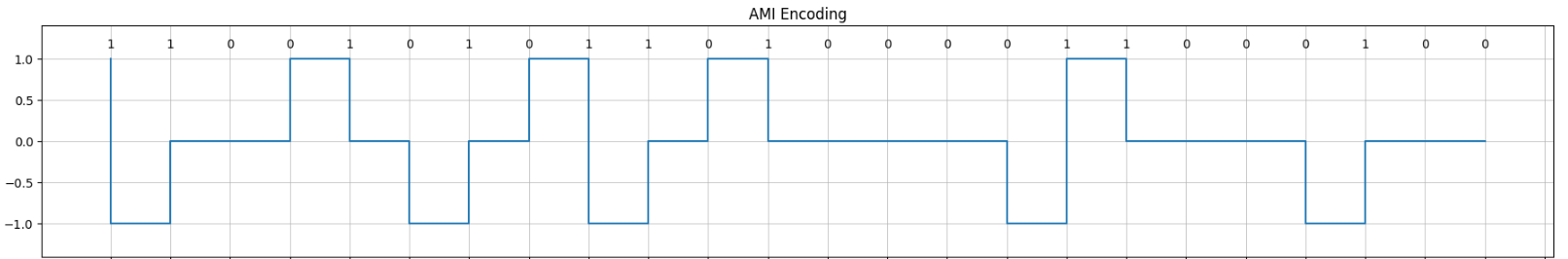
### AMI

Верхняя граница частот:  МГц Нижняя граница частот:  МГц

Середина спектра: МГц

Средняя частота:  МГц

Спектр сигнала: МГц Полоса пропускания: 50 МГц



### Сравнительный анализ рассмотренных способов кодирования

| Метод | Достоинства | Недостатки |
| --- | --- | --- |
| Manchester 2 | * Обладает свойством самосинхронизации * Имеет только два уровня потенциала; * Спектр манчестерского кода меньше, чем у биполярного импульсного, в среднем в 1,5 раза * Нет постоянной составляющей. | Спектр сигнала шире, чем у кода NRZ |
| NRZ | * Низкая частота основной гармоники:  Гц * Наличие только двух уровней потенциала и, как следствие, простота и низкая стоимость | * Не обладает свойством самосинхронизации * Наличие низкочастотной составляющей при наличии в сообщении длинных последовательностей «единиц» или «нулей» не позволяет использовать этот вид кодирования в каналах связи при отсутствии прямого гальванического соединения между приемником и источником. |

| AMI | * Ликвидируется проблема постоянной составляющей и отсутствия самосинхронизации * В целом, использование кода AMI приводит к более узкому спектру сигнала, чем для кода NRZ * Предоставляет возможность распознавать ошибочные сигналы | * Наличие трех уровней сигнала => большая стоимость реализации; спектр сигнала шире, чем у потенциальных кодов |
| --- | --- | --- |

Наилучший способ кодирования: манчестерское кодирование, так как оно обладает большим количеством преимуществ по сравнению с другими способами. Вторым лучшим способом можно назвать AMI, так как он обладает свойством распознавать ошибки.

## Этап 3. Логическое (избыточное) кодирование исходного сообщения

Выполним логическое кодирование для метода NRZ

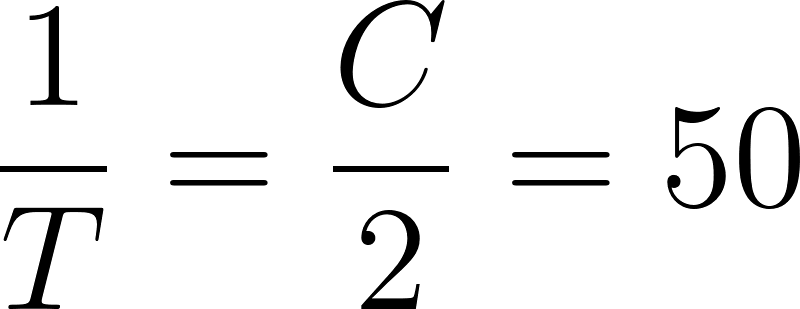
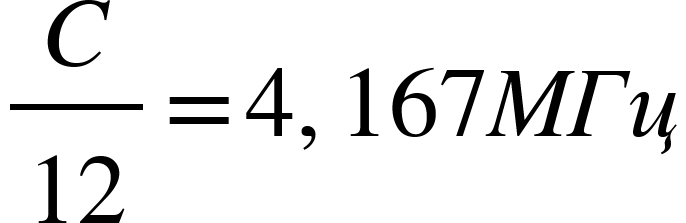
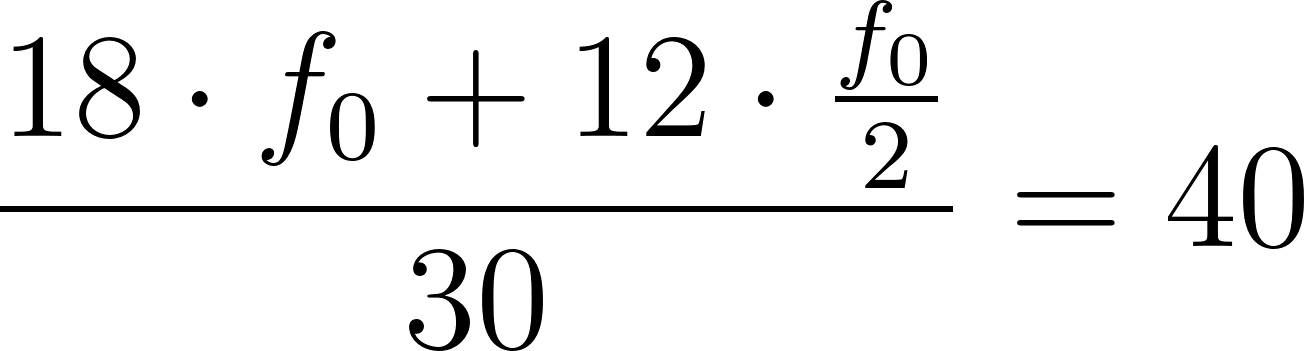
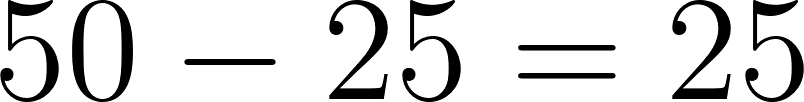
**Сообщение закодированное 4B/5B**: 11010 10110 11011 11110 11010 01010

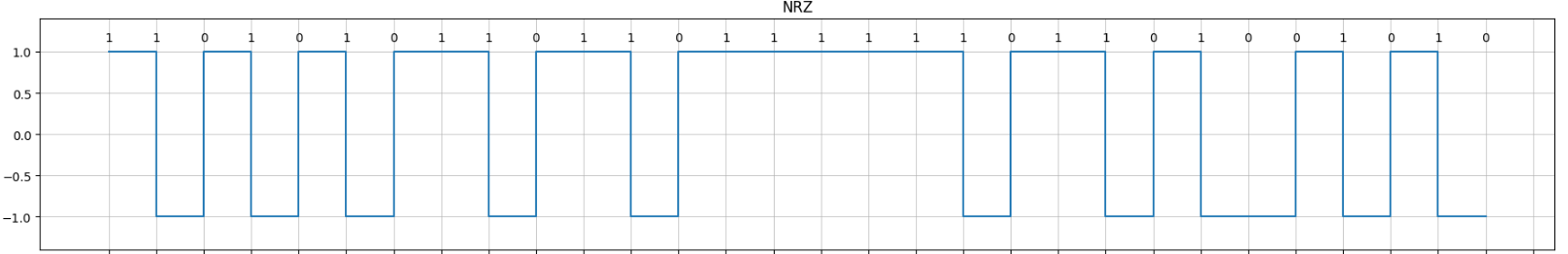
1. **ый код сообщения:** 1AB6FDAA

**Длина сообщения:** 3.75 байт (30 бит)

**Избыточность**: 0.25

Пропускная способность канала связи равна 100 Мбит/с

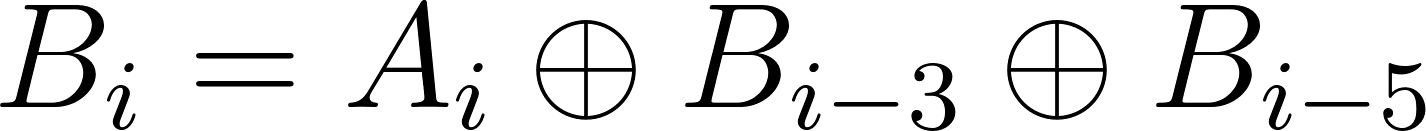
* + Верхняя граница частот:  МГц
  + Самая длинная последовательность из 0 или 1 - 6 2 Нижняя граница частот: 
  + Середина спектра: 27,08 МГц
  + Средняя частота: 
  + Спектр сигнала: МГц
  + Полоса пропускания: 25 МГц



Сравнение: в отличие от физического кодирования nrz, спектр сигнала стал уже, так как увеличилась нижняя граница частот, а также возросла средняя частота. Таким образом, характеристики улучшились и передача данных стала более надежной.

## Этап 4. Скремблирование исходного сообщения

**Двоичный код:** 11001010 11010000 11000100

Полином скремблирования: 

Был выбран данный полином, так как он дает возможность преобразовать последовательность, начиная с 4-го символа, а также поскольку он позволяет уменьшить длину повторяющихся символов

**Закодированное сообщение:** 10001111 10110010 00110001

**16-ый код:** 8FB231

**Длина сообщения:** 3 байта (24 бита)

#### Количество подряд идущих одинаковых символов: 5

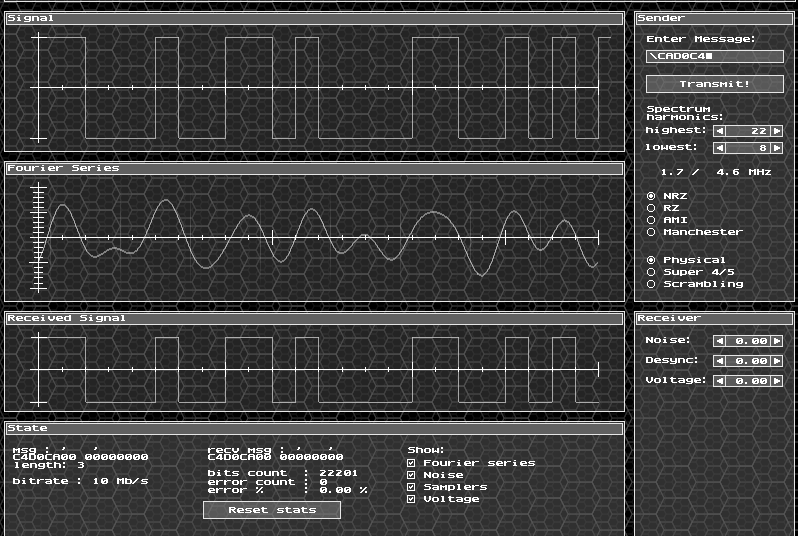
## Этап 5. Сравнительный анализ результатов кодирования

| Метод | Достоинства | Недостатки |
| --- | --- | --- |
| Manchester 2 | * обладает свойством самосинхронизации * имеет только два уровня потенциала; * спектр манчестерского кода меньше, чем у биполярного импульсного, в   среднем в 1,5 раза   * нет постоянной составляющей. | * широкий спектр сигнала |
| 4B/5B | * код становится самосинхронизирующимся, так как прерываются длинные последовательности нулей и единиц; * исчезает постоянная составляющая, а значит, сужается спектр сигнала; * появляется возможность обнаружения ошибок за счёт запрещённых символов; * простая реализация в виде таблицы перекодировки. | * уменьшается полезная пропускная способность канала связи, так как часть пропускной способности тратится на передачу избыточных бит; * дополнительные временные затраты в узлах сети на реализацию логического кодирования. |
| Scrambling | * в отличие от избыточного кодирования не уменьшается полезная пропускная способность канала связи, поскольку отсутствуют избыточные биты. | * дополнительные затраты в узлах сети на реализацию алгоритма скремблирования-дескремблирования; * не всегда удаётся исключить длинные последовательности нулей и единиц. |

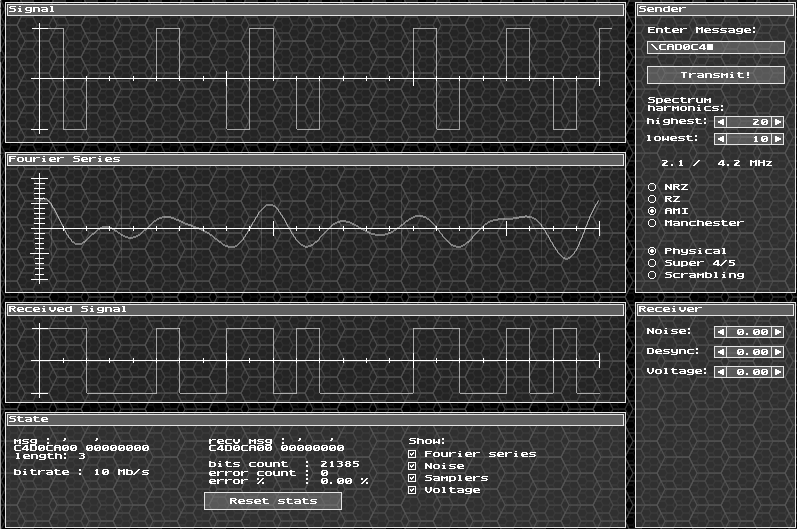
# Часть 2. Передача кодированного сообщения по каналу связи

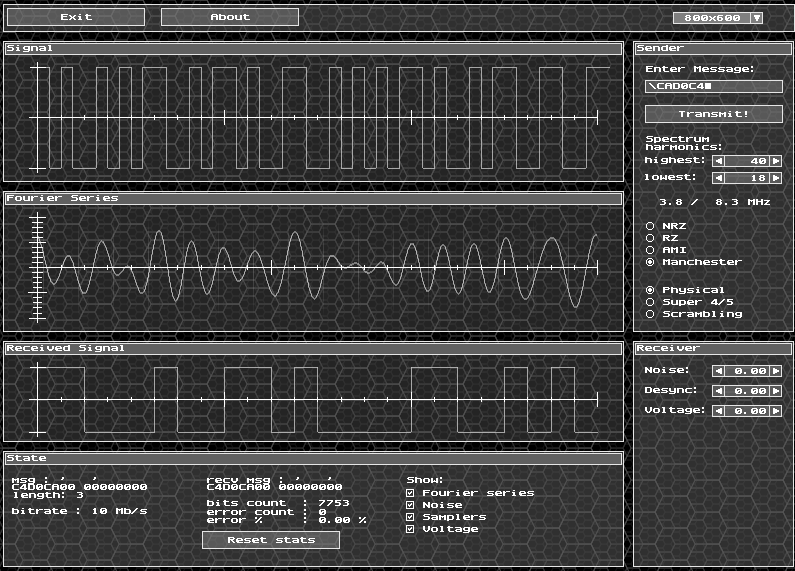
## Этап 6. Определение минимальной полосы пропускания идеального канала связи

### NRZ

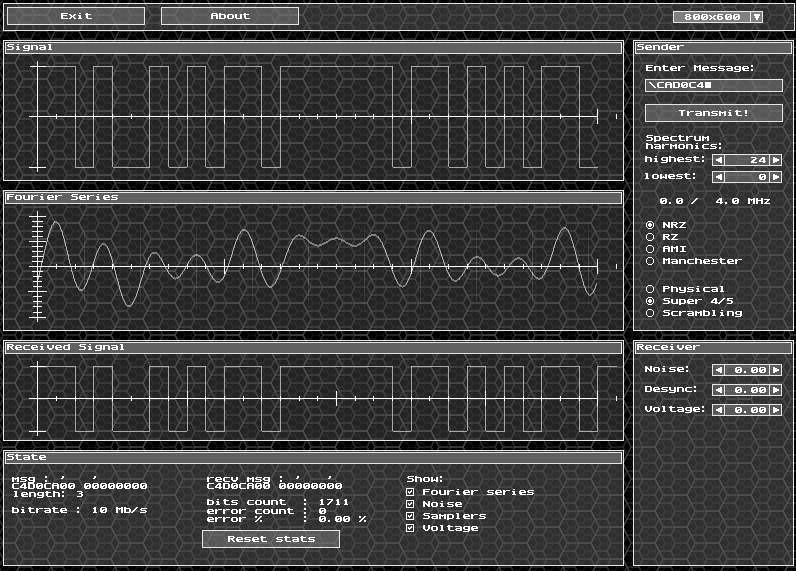


### AMI

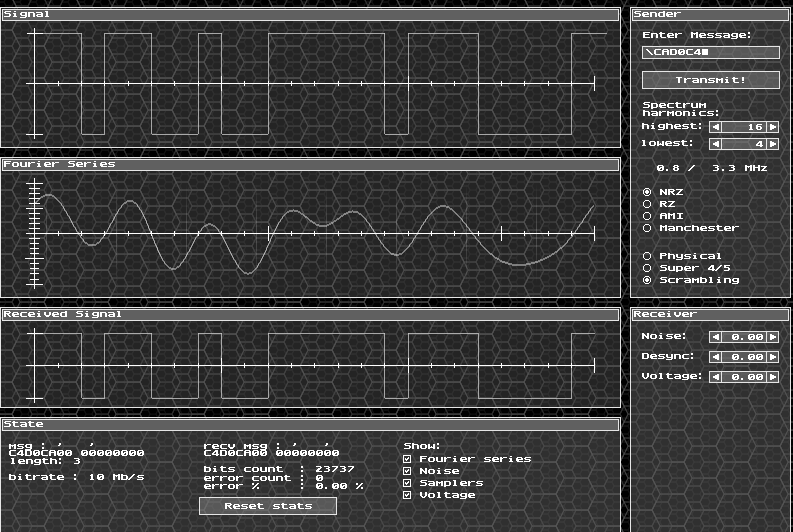


M2

4b/5B

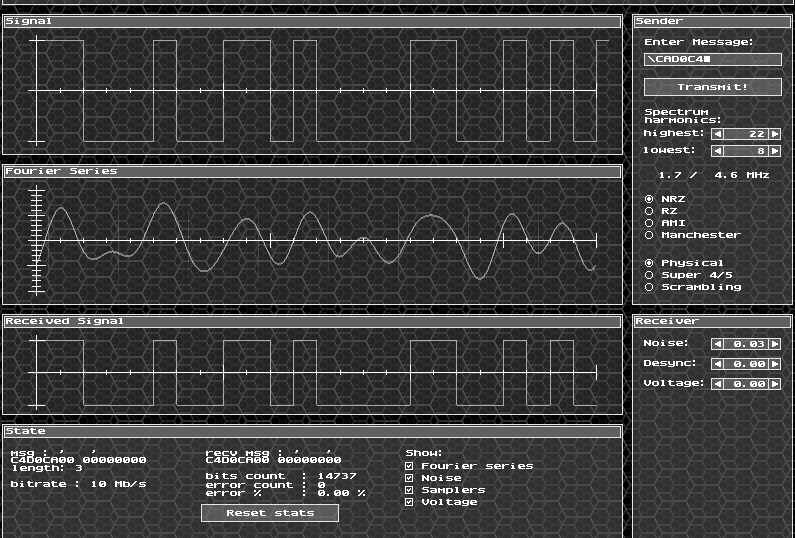


SCRAMBLING

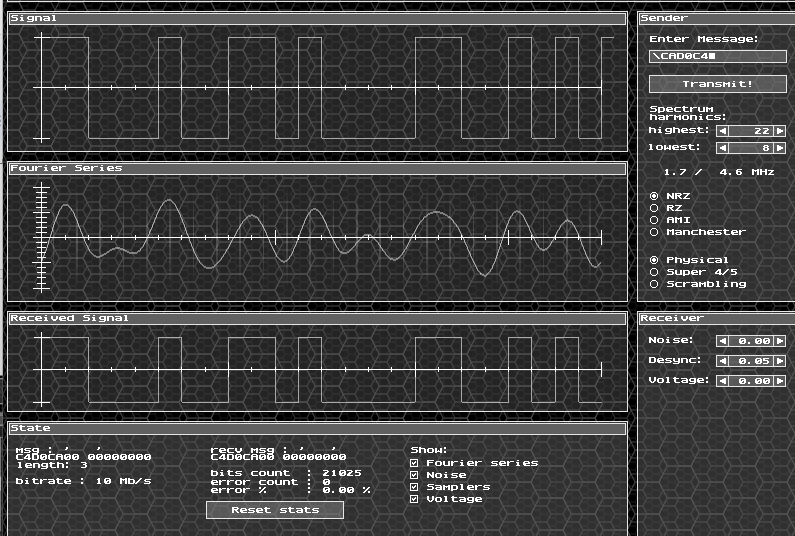


## Этап 7. Определение максимально допустимых уровней шумов, рассинхронизации и затухания

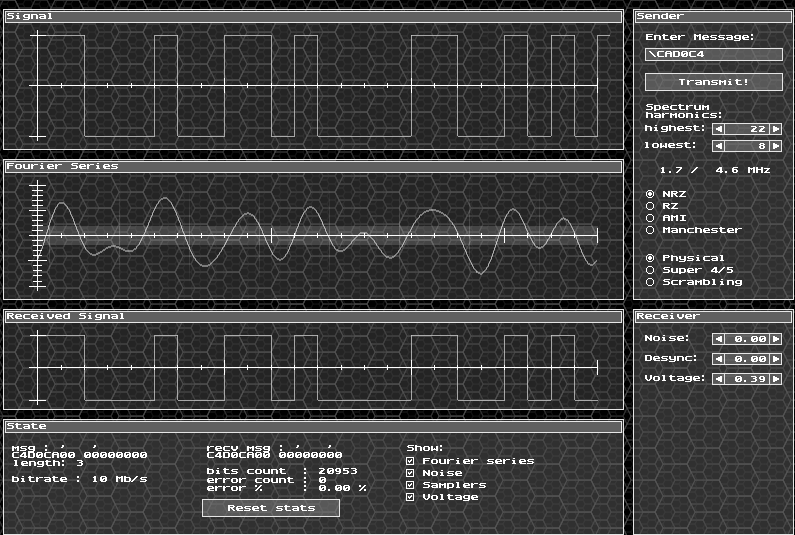
### NRZ: шум



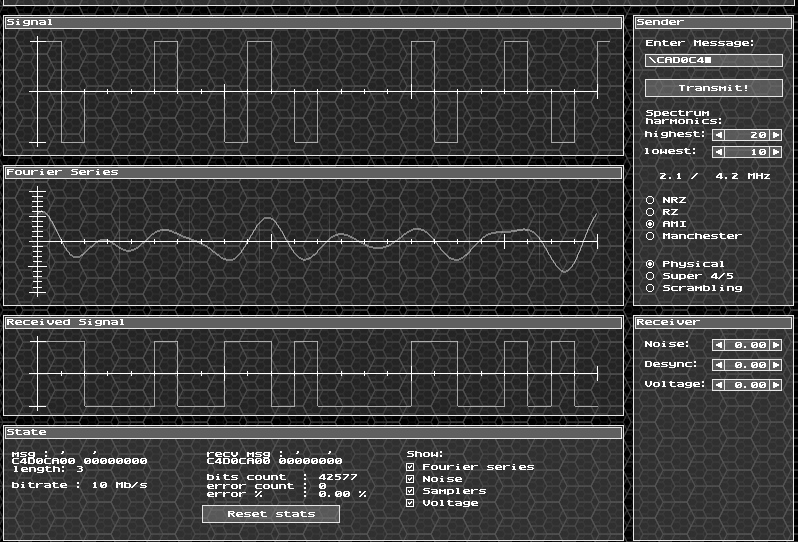
### NRZ: desync



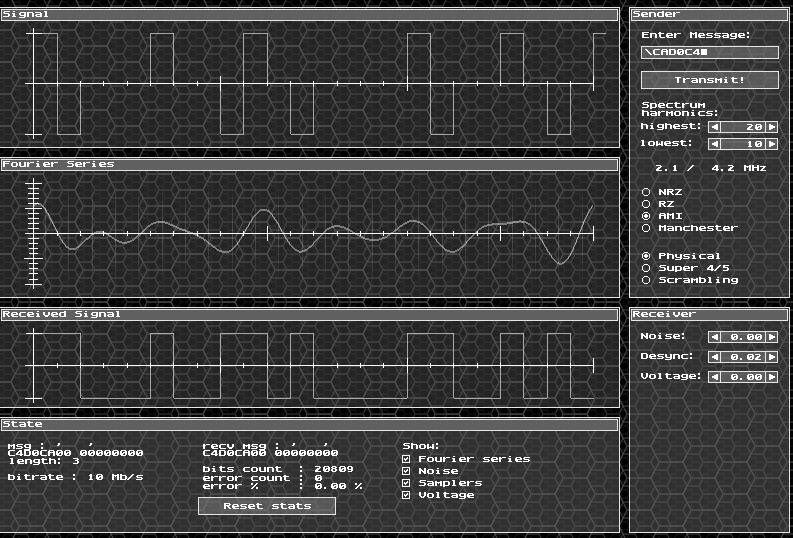
### NRZ: voltage



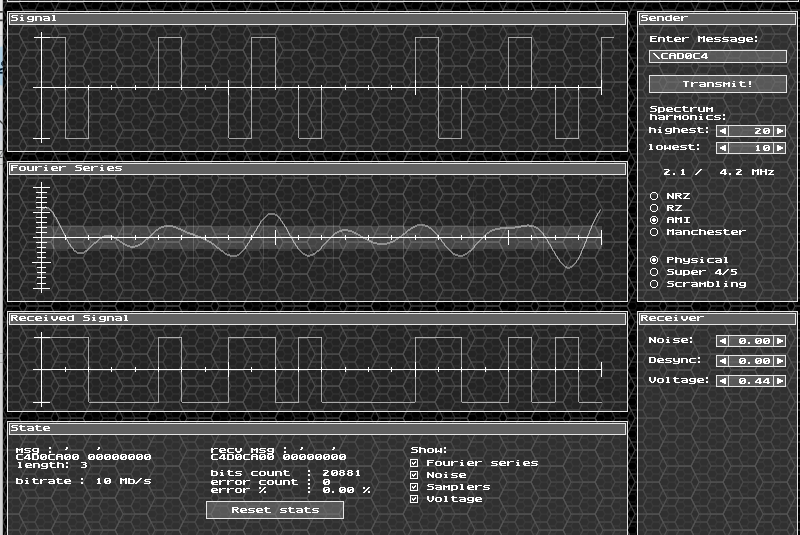
### AMI: шум



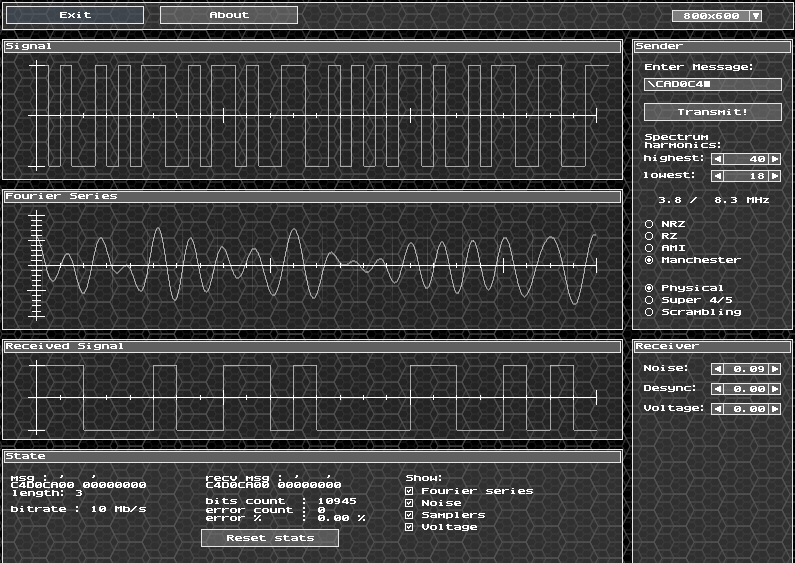
### AMI: desync



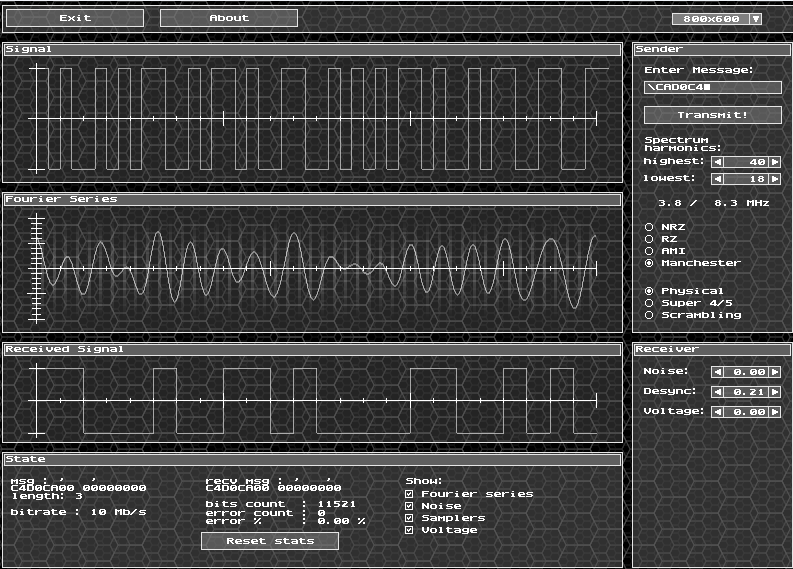
### AMI: voltage



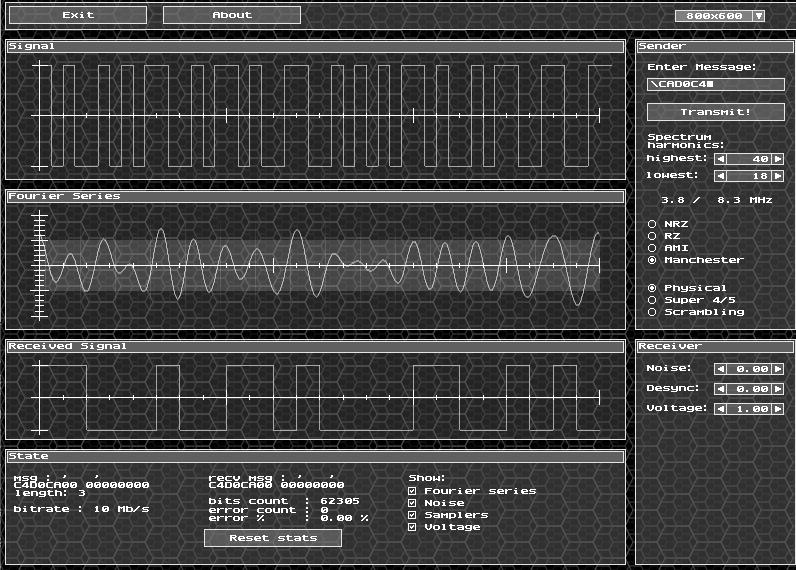
### Manchester: шум



### Manchester: desync



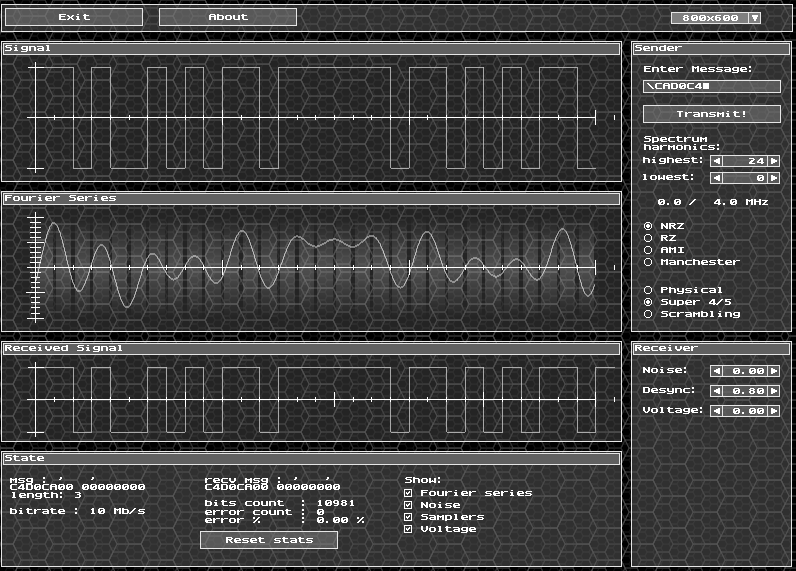
### Manchester: voltage



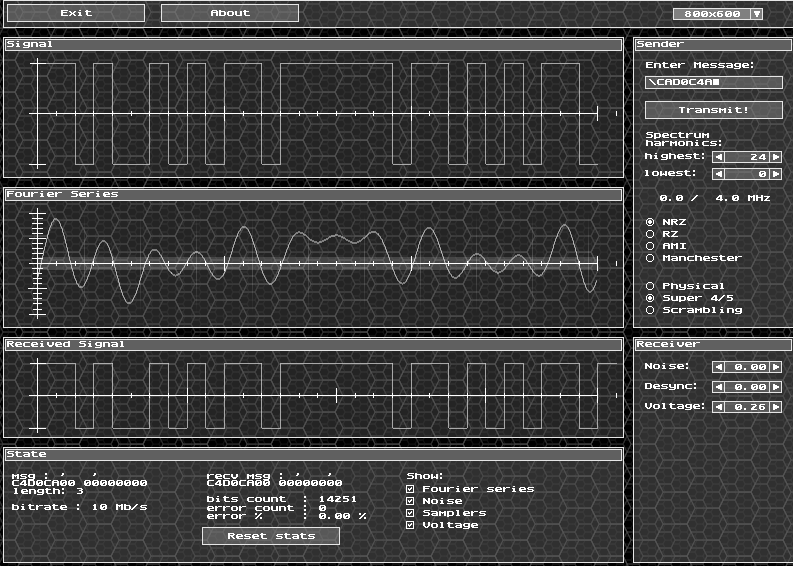
### 4B: шум



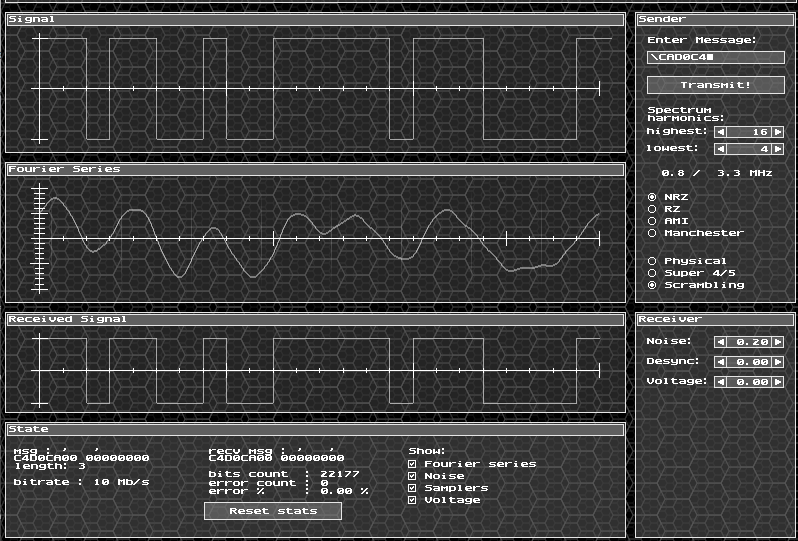
### 4B: desync



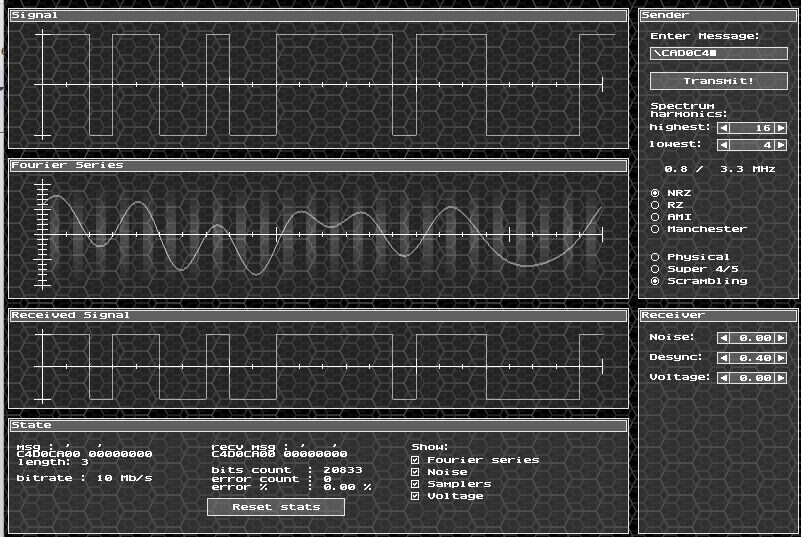
### 4B: voltage



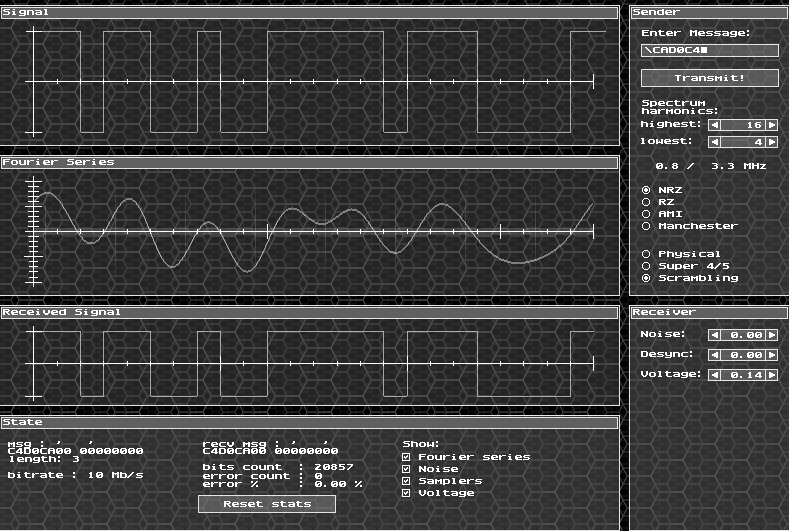
### scrambling: шум



### scrambling: desync

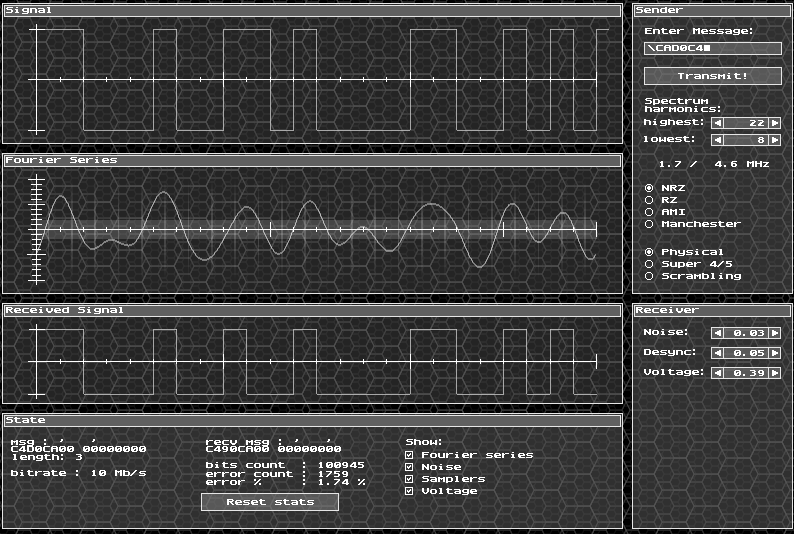


### scrambling: voltage

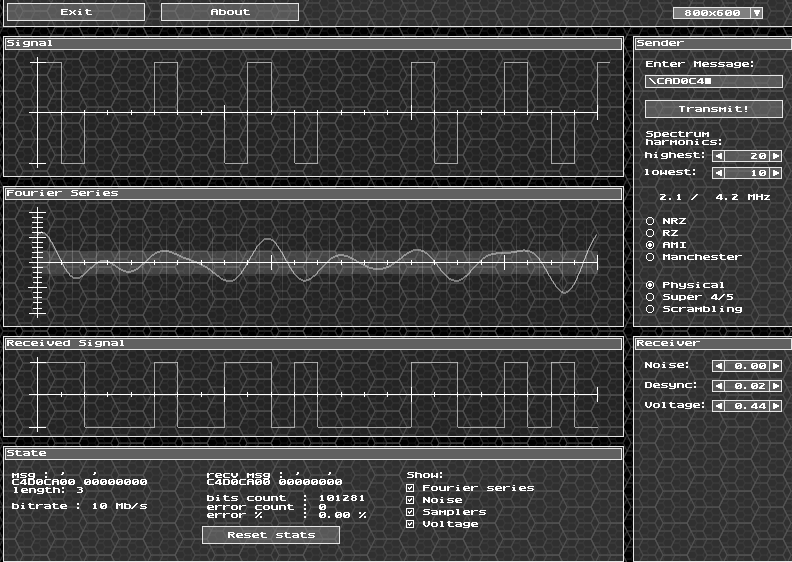


## Этап 8. Оценка достоверности распознавания сигналов на приемном конце

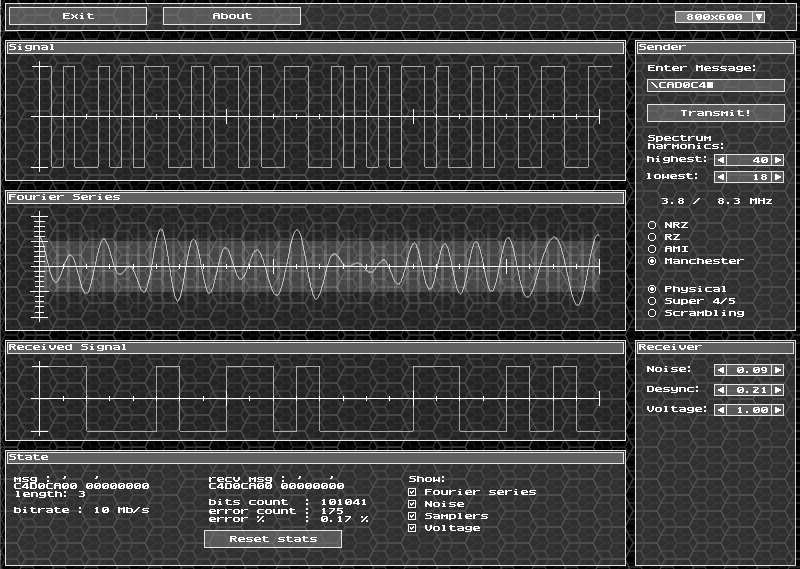
### NRZ



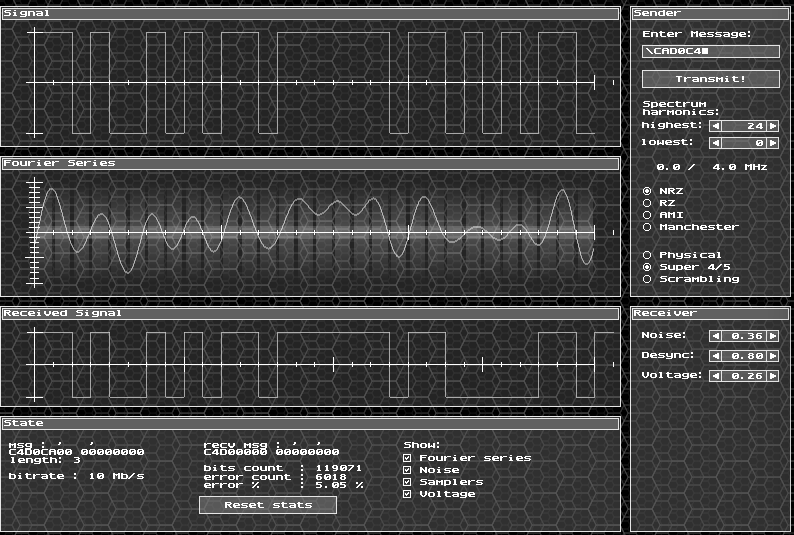
### AMI



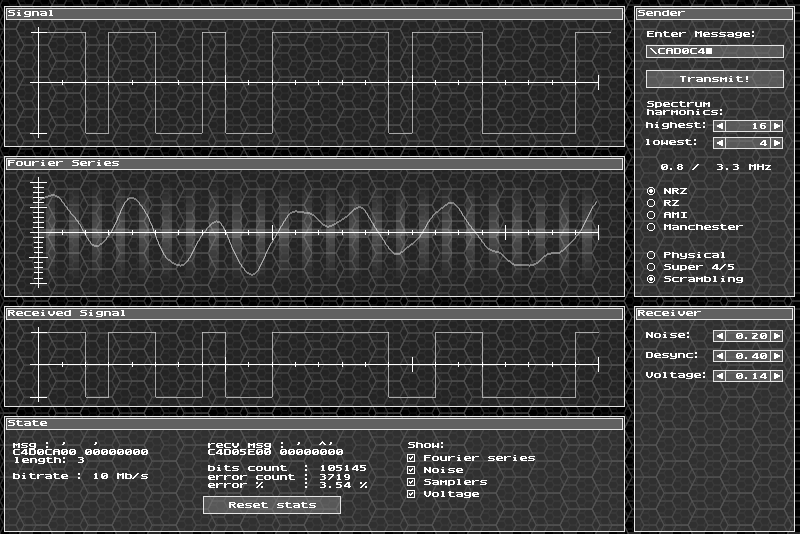
### M2



### 4B



### Scrambling



## Этап 9. Определение значений уровней шумов, рассинхронизации и граничного напряжения для реального канала связи

Рассчитаем средние значения.

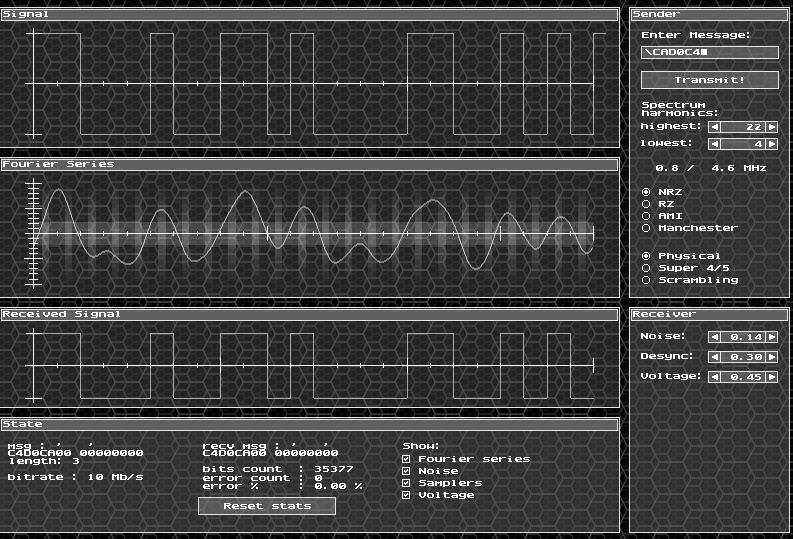
**Шумы:** (0.03 + 0 + 0.09 + 0.36 + 0.20) / 5 = 0.136

**Рассинхронизация:** (0.05 + 0.02 + 0.21 +0.80 + 0.40) / 5 = 0.296

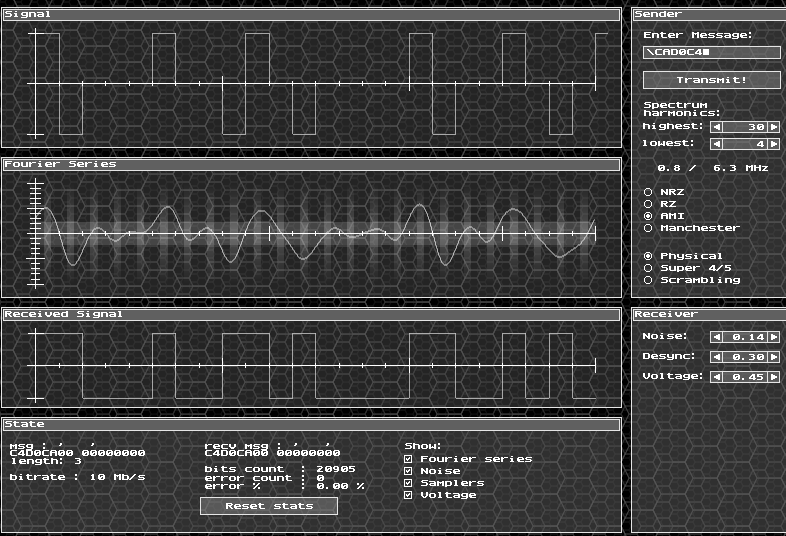
**Граничное напряжение:** (0.39 + 0.44 + 1.0 + 0.26 + 0.14) / 5 = 0.446

## Этап 10. Определение требуемой полосы пропускания реального канала связи

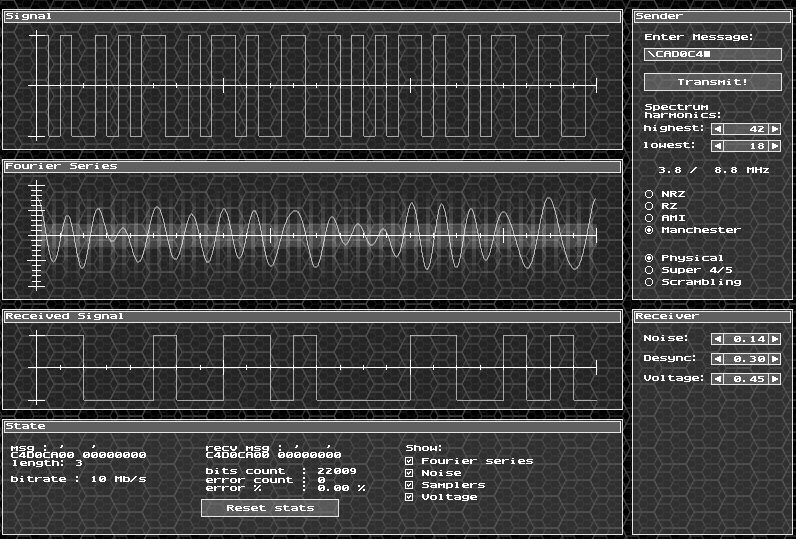
### NRZ



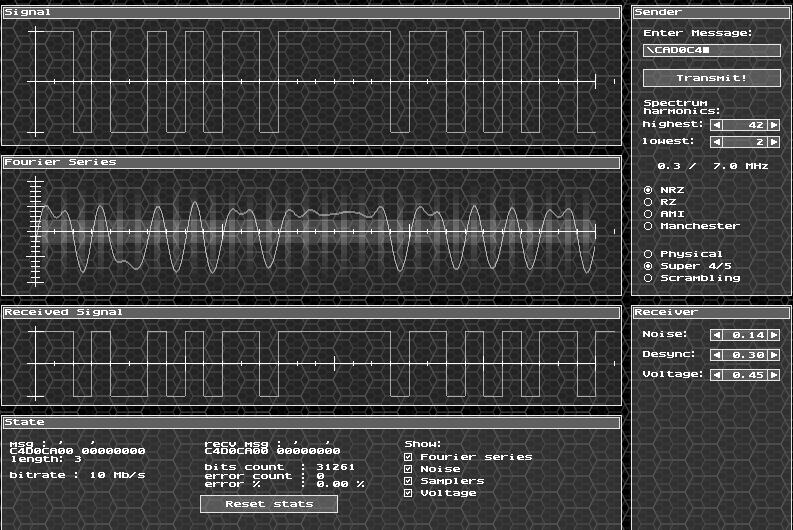
### AMI



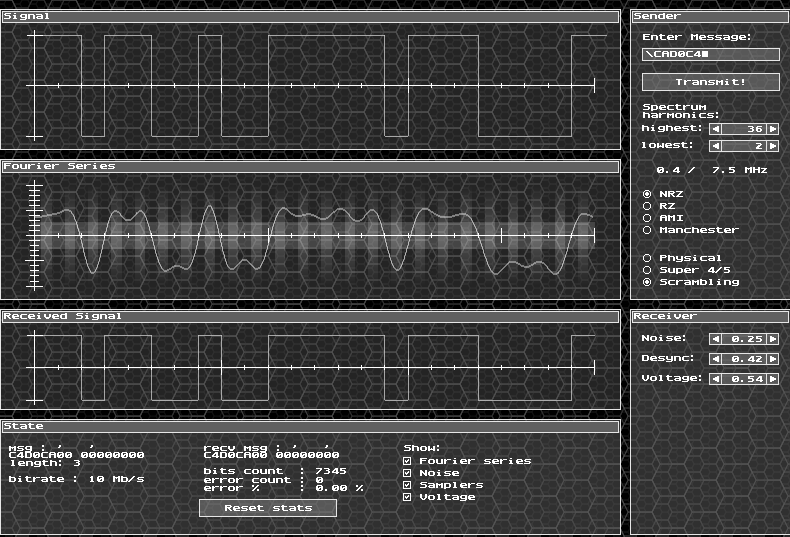
### M2



### 4B



### Scrambling



## Этап 11. Анализ полученных результатов и выбор наилучшего способа кодирования исходного сообщения

| Шестнадцатеричный код сообщения: CA D0 C4 | | | Метод кодирования | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NRZ | AMI | M2 | 4B/5B | Scramb |
| Полоса пропускания идеального канала связи | Номера гармоник | min | 8 | 10 | 18 | 0 | 4 |
| max | 22 | 20 | 40 | 24 | 16 |
| Частоты, МГц | min | 1.7 | 2.1 | 3.8 | 0 | 0.8 |
| max | 4.6 | 4.2 | 8.3 | 4.0 | 3.3 |
| Минимальная полоса пропускания идеального канала связи | | | 2.9 | 2.1 | 3,8 | 4 | 2.5 |
| Уровень шума | | max | 0.03 | 0 | 0.09 | 0.36 | 0.20 |
| Уровень рассинхронизации | | max | 0.05 | 0.02 | 0.21 | 0.80 | 0.40 |
| Уровень граничного напряжения | | max | 0.39 | 0.44 | 1.0 | 0.26 | 0.14 |
| Процент ошибок при max уровня и минимальной полосе пропускания КС | | | 1.77 | 0 | 0.17 | 5.05 | 3.54 |
| Уровень шума | | ср. | 0.136 | | | | |
| Уровень рассинхронизации | | ср. | 0.296 | | | | |
| Уровень граничного напряжения | | ср. | 0.446 | | | | |
| Полоса пропускания реального канала связи | Гармоники | min | 4 | 4 | 2 | 0 | 2 |
| max | 22 | 30 | 42 | 38 | 30 |

|  | Частоты, МГц | min | 0.8 | 0.8 | 0.3 | 0 | 0.4 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| max | 4.6 | 6.3 | 7.0 | 6.3 | 6.3 |
| Требуемая полоса пропускания реального канала связи | | | 3.8 | 5.5 | 6.7 | 6.3 | 6.0 |

NRZ показало наилучший результат, так как полоса пропускания реального канала связи при данном способе кодирования оказалась наименьшей, а также процент ошибок при max уровнях и минимальной полосе пропускания КС оказался в разы меньше, чем при других способах кодирования.

# Вывод

В ходе данной работы я изучил методы физического и логического кодирования, используемые в цифровых сетях передачи данных и исследовала влияние свойств канала связи на качество передачи сигналов при различных методах физического и логического кодирования.