Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет ИТМО»

**факультет программной инженерии и компьютерной техники**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1**

по дисциплине

‘Телекоммуникационные системы’

*Выполнил:*

Студент группы P3333

Анисимов Максим Дмитриевич

*Преподаватель:*

Алиев Тауфик Измайлович



Санкт-Петербург, 2024

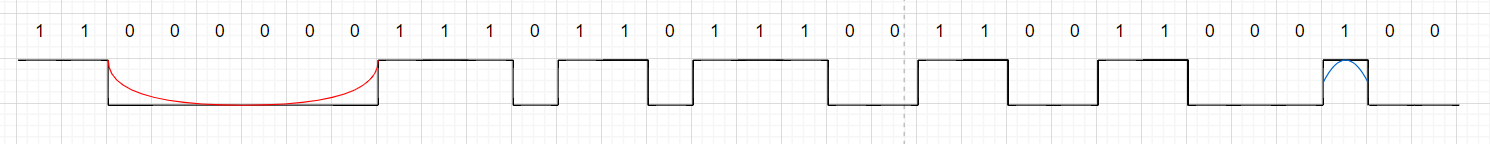
Этап 1. Исходное сообщение и его представление в шестнадцатеричном и двоичном виде, длина исходного сообщения (в байтах и битах).

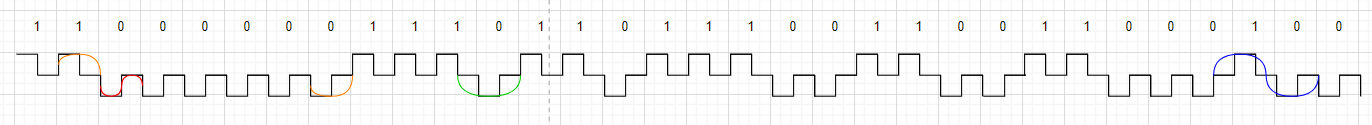
Исходное сообщение: АнМД

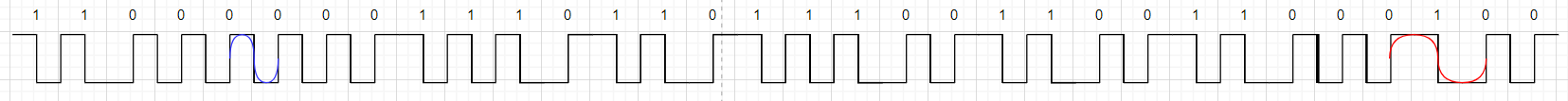
В шестнадцатеричном коде: C0 ED CC C4

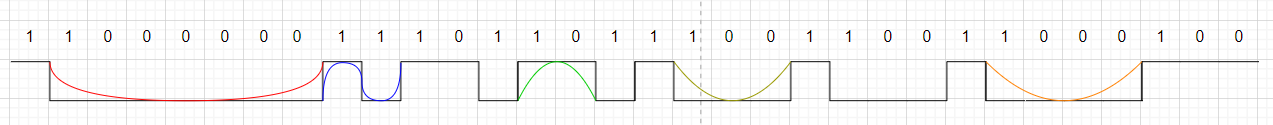
В двоичном коде: 11000000 11101101 11001100 11000100

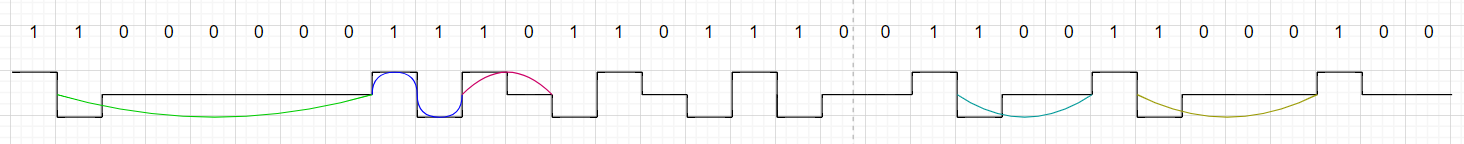
Длина сообщения: 4 байт (32 бит)

**Этап 2. Физическое кодирование исходного сообщения. Потенциальный код (без возврата к нулю – NRZ):**

**Биполярный импульсный код (RZ):**

**Манчестерский код (M2)**

**Потенциальный код с инверсией при единице (NRZI)**

**Биполярное кодирование с альтернативной инверсией (AMI)**

Сравнительные таблицы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | fв | fн | fср | F |
| NRZ | 5 | 0.83 | 2.72 | 3 |
| M2 | 10 | 5 | 6.27 | 7 |
| NRZI | 5 | 0.71 | 3.62 | 4 |
| RZ | 10 | 4 | 8.82 | 9 |
| AMI | 5 | 0.71 | 3.22 | 4 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры сравнения | NRZ | M2 | NRZI | RZ | AMI |
| Спектр сигнала | + | - | + | - | + |
| Самосинхронизация | - | + | - | + | - |
| Постоянная составляющая | - | + | - | + | - |
| Обнаружение ошибок | - | - | + | + | + |
| Стоимость | + | + | + | - | - |

Исходя из результатов сравнительных таблиц можно сказать, что лучшими способами физического кодирования являются M2, RZ. Плюсы М2 заключаются в самосинхронизации, низкой стоимости реализации благодаря двухуровневым сигналам, и в отсутствии постоянной составляющей (в моём случае это важно, так как в коде присутствует большая последовательность нулей, что может привести к ошибкам), однако манчестерский код не способен обнаруживать ошибки. Что касается RZ кодирования, то из плюсов можно выделить наличие самосинхронизации, обнаружения ошибок и отсутствие постоянной составляющей, однако есть и минусы в виде повышенной стоимости реализации. NRZ, NRZI и AMI я посчитал не самым лучшим вариантом в силу дороговизны реализации (AMI), отсутствие самосинхронизации (NRZ, NRZI). В частности, в AMI кодировании при передаче большой последовательности нулей возникает постоянная составляющая, что может привести к сдвигу спектра в низкочастотный диапазон

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

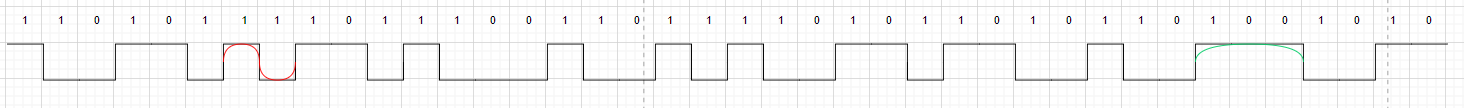
C0 ED CC C4

Полученное двоичное сообщение: 1101 0111 1011 1001 1011 1101 0110 1011 0100 1010

В шестнадцатеричной системе: D7 B9 BD 6B 4A

Длина нового сообщения: 40 битов или 5 байтов

Избыточность:

**Потенциальный код с инверсией при единице (NRZI)**

**Этап 4. Скремблирование исходного сообщения**

11000000111011011100110011000100

Алгоритм:

Для первых 4 байт:

𝐵1 = 𝐴1 = 1

𝐵2 = 𝐴2 = 1

𝐵3 = 𝐴3 = 0

𝐵4 = 𝐴4 = 0

𝐵5 = 𝐴5 = 0

𝐵6 = 𝐴6 ⊕ 𝐵1 = 0 ⊕ 1 = 1

𝐵7 = 𝐴7 ⊕ 𝐵2 = 0 ⊕ 1 = 1

𝐵8 = 𝐴8 ⊕ 𝐵3 ⊕ 𝐵1 = 0 ⊕ 0 ⊕ 1 = 1

𝐵9 = 𝐴9 ⊕ 𝐵4 ⊕ 𝐵2 = 1 ⊕ 0 ⊕ 1 = 0

𝐵10 = 𝐴10 ⊕ 𝐵5 ⊕ 𝐵3 = 1 ⊕ 0 ⊕ 0 = 1

𝐵11 = 𝐴11 ⊕ 𝐵6 ⊕ 𝐵4 = 1 ⊕ 1 ⊕ 0 = 0

𝐵12 = 𝐴12 ⊕ 𝐵7 ⊕ 𝐵5 = 0 ⊕ 1 ⊕ 0 = 1

𝐵13 = 𝐴13 ⊕ 𝐵8 ⊕ 𝐵6 = 1 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1

𝐵14 = 𝐴14 ⊕ 𝐵9 ⊕ 𝐵7 = 1 ⊕ 0 ⊕ 1 = 0

𝐵15 = 𝐴15 ⊕ 𝐵10 ⊕ 𝐵8 = 0 ⊕ 1 ⊕ 1 = 0

𝐵16 = 𝐴16 ⊕ 𝐵11 ⊕ 𝐵9 = 1 ⊕ 0 ⊕ 0 = 1

𝐵17 = 𝐴17 ⊕ 𝐵12 ⊕ 𝐵10 = 1 ⊕ 1 ⊕ 1 = 1

𝐵18 = 𝐴18 ⊕ 𝐵13 ⊕ 𝐵11 = 1 ⊕ 1 ⊕ 0 = 0

𝐵19 = 𝐴19 ⊕ 𝐵14 ⊕ 𝐵12 = 0 ⊕ 0 ⊕ 1 = 1

𝐵20 = 𝐴20 ⊕ 𝐵15 ⊕ 𝐵13 = 0 ⊕ 0 ⊕ 1 = 1

𝐵21 = 𝐴21 ⊕ 𝐵16 ⊕ 𝐵14 = 1 ⊕ 1 ⊕ 0 = 0

𝐵22 = 𝐴22 ⊕ 𝐵17 ⊕ 𝐵15 = 1 ⊕ 1 ⊕ 0 = 0

𝐵23 = 𝐴23 ⊕ 𝐵18 ⊕ 𝐵16 = 0 ⊕ 0 ⊕ 1 = 1

𝐵24 = 𝐴24 ⊕ 𝐵19 ⊕ 𝐵17 = 0 ⊕ 1 ⊕ 1 = 0

𝐵25 = 𝐴25 ⊕ 𝐵20 ⊕ 𝐵18 = 1 ⊕ 1 ⊕ 0 = 0

𝐵26 = 𝐴26 ⊕ 𝐵21 ⊕ 𝐵19 = 1 ⊕ 0 ⊕ 1 = 0

𝐵27 = 𝐴27 ⊕ 𝐵22 ⊕ 𝐵20 = 0 ⊕ 0 ⊕ 1 = 1

𝐵28 = 𝐴28 ⊕ 𝐵23 ⊕ 𝐵21 = 0 ⊕ 1 ⊕ 0 = 1

𝐵29 = 𝐴29 ⊕ 𝐵24 ⊕ 𝐵22 = 0 ⊕ 0 ⊕ 0 = 0

𝐵30 = 𝐴30 ⊕ 𝐵25 ⊕ 𝐵23 = 1 ⊕ 0 ⊕ 1 = 0

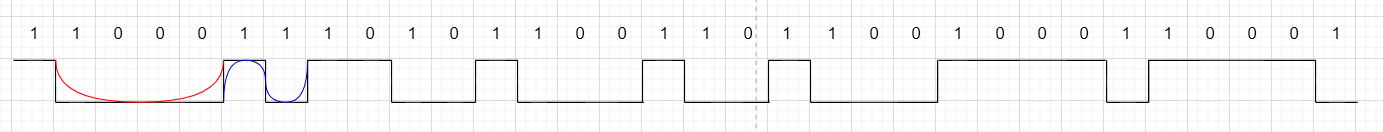
𝐵31 = 𝐴31 ⊕ 𝐵26 ⊕ 𝐵24 = 0 ⊕ 0 ⊕ 0 = 0

𝐵32 = 𝐴32 ⊕ 𝐵27 ⊕ 𝐵25 = 0 ⊕ 1 ⊕ 0 = 1

Полное закодированное сообщение двоичном коде: 1100 0111 0101 1001 1011 0010 0011 0001

В шестнадцатеричном коде: C7 59 B2 31

Длина сообщения: 8 байт (64 бит)

**Потенциальный код с инверсией при единице (NRZI)**

**Этап 5. Сравнительный анализ результатов кодирования**

|  |  |
| --- | --- |
| Метод | Достоинства/Недостатки |
| Манчестерский код (M-II) | + Имеет всего два уровня сигнала  + Отсутствует постоянная составляющая  + Есть самосинхронизация  - Широкий спектр сигнала |
| Биполярный импульсный код (RZ) | + Отсутствует постоянная составляющая  + Есть самосинхронизация  + Обнаружение ошибок  - Стоимость реализации |
| Избыточное кодирование | + Есть самосинхронизация  + Используется меньший спектр  + Можно выявлять ошибки  + Простая реализация в виде таблицы перекодировки  - Уменьшение пропускной способности из-за лишних бит  - Дополнительные ресурсные затраты при логическом кодировании |
| Скремблирование | + Нет уменьшения пропускной способности  + Отсутствует постоянная составляющая  - Дополнительные ресурсные затраты при скремблировании и дескремблировании  - Отсутствие гарантии исключения всех последовательностей и возможность появления новых. |

Для передачи исходного сообщения наиболее оптимальным вариантом будет метод NRZI с использованием избыточного кодирования, так как в сравнении с кодированием М2 используется меньший спектр, при этом избыточное кодирование обладает теми же достоинствами (простая реализация, самосинхронизация). В сравнении с RZ кодированием, избыточное кодирование является более дешёвым в реализации, так как имеет 2 уровня сигнала вместо 3. Из недостатков в логическом кодировании появляется 25% избыточность из-за лишних бит