Лабораторная работа №1

Методы кодирования и модуляция сигналов

Лисовская А.В.

18 декабря 2025

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Докладчик

- Лисовская Арина Валерьевна
- Студент, НПИбд01-23
- Российский университет дружбы народов
- 1132236814@rudn.ru

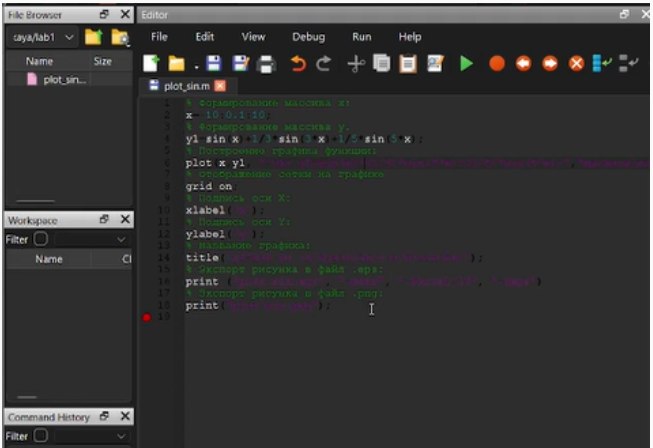
Цель работы

- Изучение методов кодирования и модуляции сигналов в Octave.
- Определение спектральных характеристик сигналов.
- Демонстрация принципов модуляции сигнала на примере аналоговой амплитудной модуляции.
- Исследование свойства самосинхронизации различных кодов.

Часть 1: Построение графиков и ряды Фурье

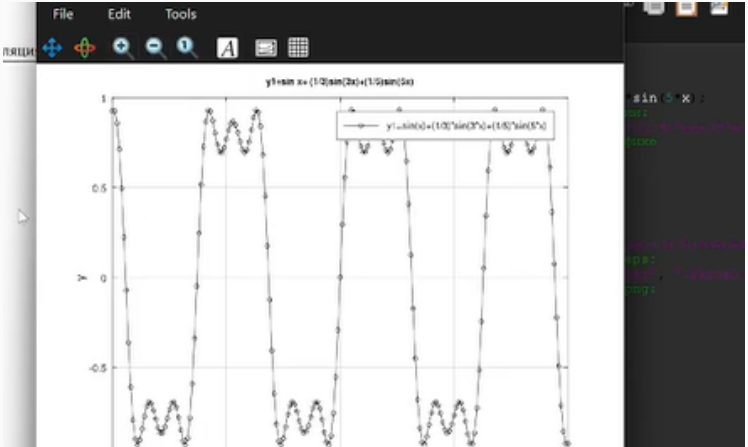
Графики функций y1 и y2

На одном графике представлены две сложные функции (суммы гармоник синуса и косинуса). Демонстрируется работа с `plot()` и настройка стилей линий.



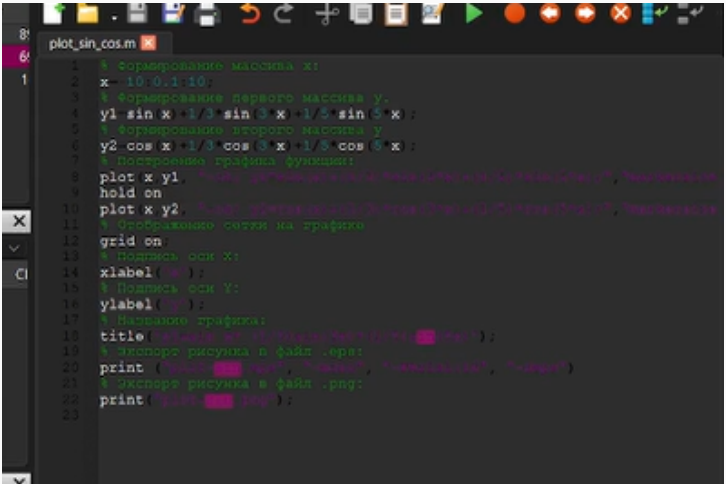
Разложение меандра: Код meandr.m

Фрагмент кода, реализующий разложение меандра в ряд Фурье через косинусы. Задаются параметры гармоник N, время t, амплитуда A и период T.



Разложение меандра: Код meandr_sin.m

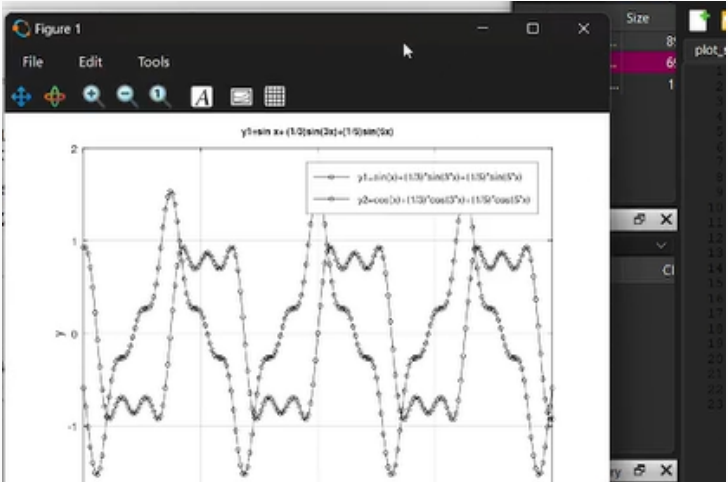
Альтернативный вариант реализации меандра через синусы. Показывает понимание двух форм ряда Фурье для одной и той же функции.



Часть 2: Спектральный анализ (БПФ)

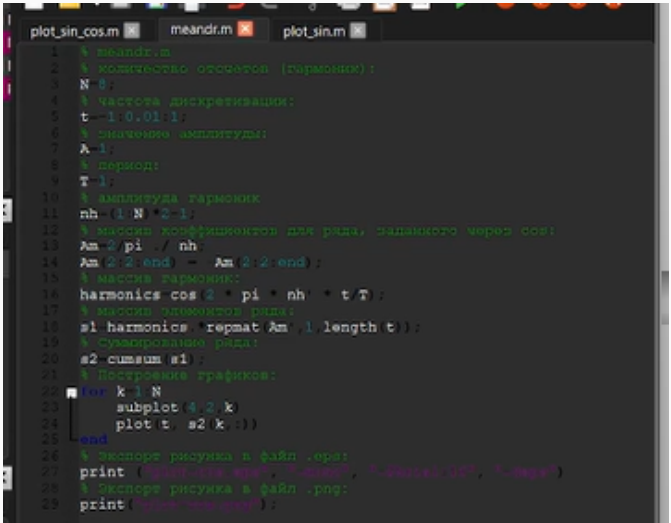
Подготовка к анализу: Код spectre.m

Создание двух синусоидальных сигналов разной частоты. Код задаёт параметры (fd, f1, f2, a1, a2) и формирует массивы.



Исходные сигналы во временной области

Визуализация двух сигналов: $\sin(2\pi \cdot 10 \cdot t)$ и $0.7 \cdot \sin(2\pi \cdot 40 \cdot t)$.

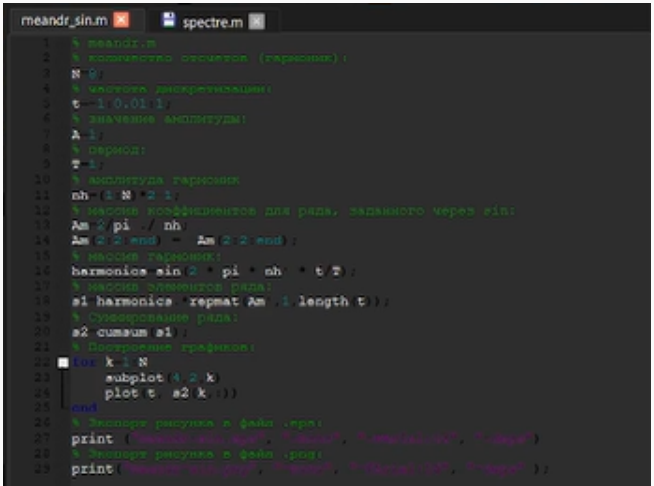


Необработанный спектр сигналов

График амплитудного спектра без коррекции. Демонстрирует исходный результат применения БПФ с дублирующимися частотами.

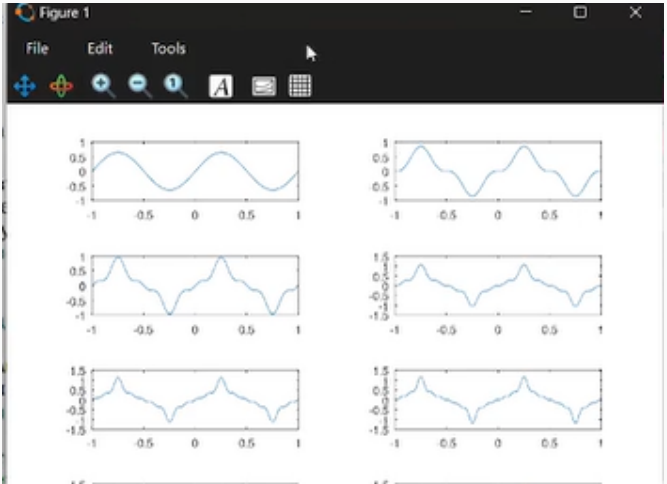
Исправленный спектр сигналов

Нормированный спектр с отброшенными отрицательными частотами. Четко видны пики на частотах 10 Гц и 40 Гц.



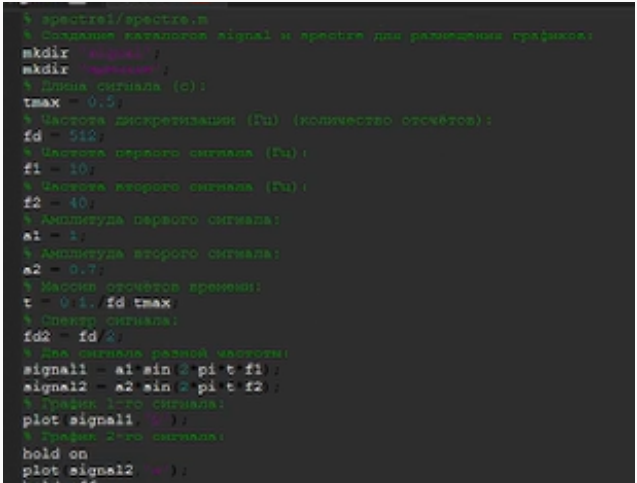
Код расчёта суммы: spectre_sum.m

Код для проверки свойства аддитивности: спектр суммы сигналов должен быть равен сумме спектров.



Спектр суммарного сигнала

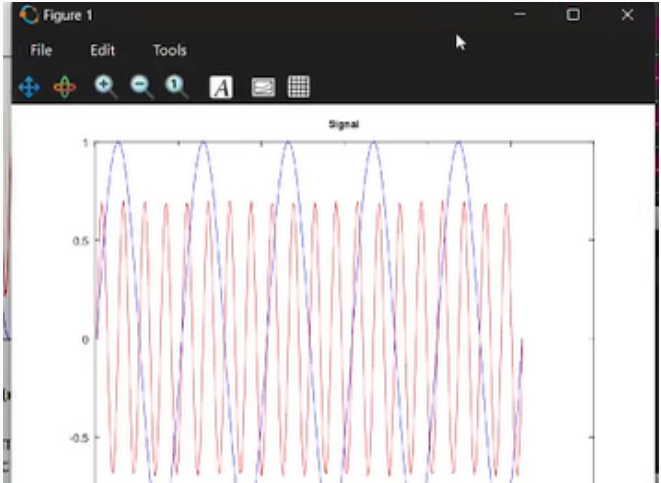
Подтверждение линейности преобразования Фурье. Спектр содержит те же частотные компоненты (10 и 40 Гц).



```
% spectre1/spectre.m
% Создание каталогов signal и spectre для размещения графиков:
mkdir 'signal';
mkdir 'spectre';
% Длина сигнала (с):
tmax = 0.5;
% Частота дискретизации (Fu) (количество отсчётов):
fd = 512;
% Частота первого сигнала (Fu):
f1 = 10;
% Частота второго сигнала (Fu):
f2 = 40;
% Амплитуда первого сигнала:
a1 = 1;
% Амплитуда второго сигнала:
a2 = 0.7;
% Массив отсчётов времени:
t = 0:1./fd:tmax;
% Спектр сигнала:
fd2 = fd/2;
% Два сигнала разной частоты:
signal1 = a1*sin(2*pi*t*f1);
signal2 = a2*sin(2*pi*t*f2);
% График 1-го сигнала:
plot(signal1, 'r');
% График 2-го сигнала:
hold on
plot(signal2, 'b');
```

График суммарного сигнала

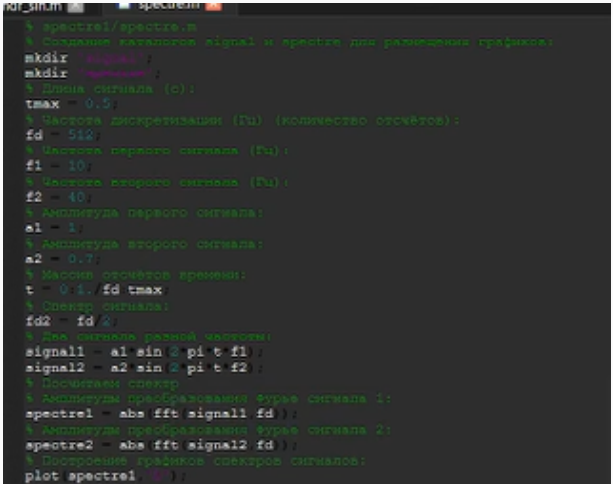
Визуализация суммы сигналов во временной области перед проведением спектрального анализа.



Часть 3: Амплитудная модуляция (AM)

Моделирование АМ: Код am.m

Демонстрация принципов АМ. Код показывает перемножение низкочастотного сигнала (5 Гц) и несущей (50 Гц).

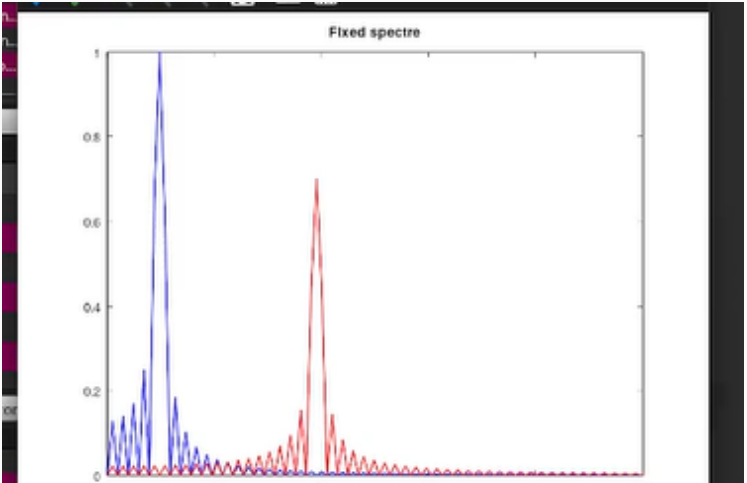


Спектр AM-сигнала

Иллюстрация свойства модуляции: спектр содержит несущую (50 Гц) и боковые полосы (45 Гц и 55 Гц).

AM-сигнал и его огибающая

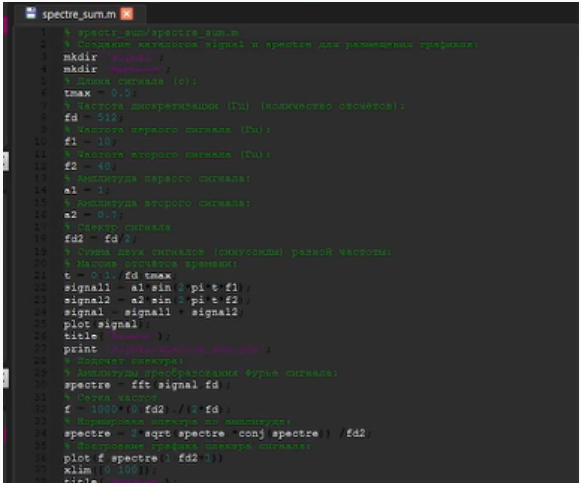
Наглядно показано, как изменяется амплитуда несущей в соответствии с модулирующим сигналом.



Часть 4: Методы цифрового кодирования

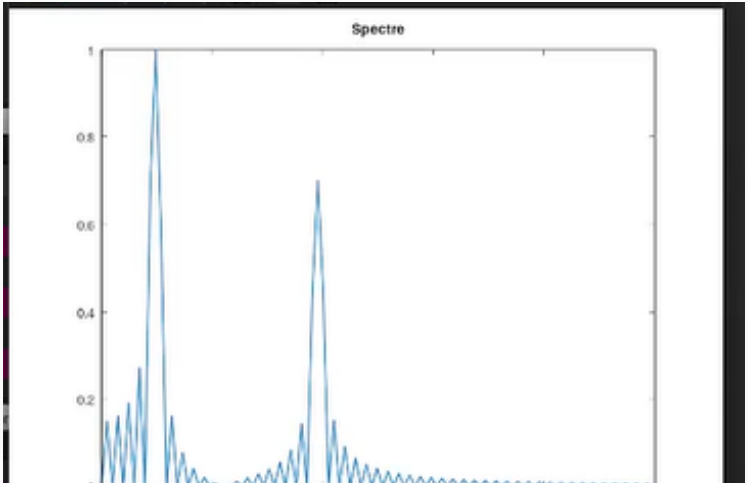
Установленные пакеты Octave

Проверка наличия пакета `signal`, необходимого для корректной работы функций кодирования.



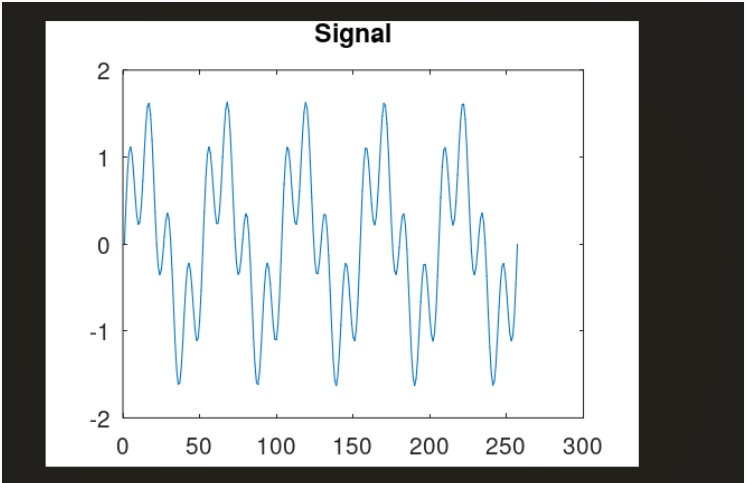
Главный скрипт: main.m

Инициализация данных, создание каталогов и вызов функций кодирования. Основа для построения графиков.



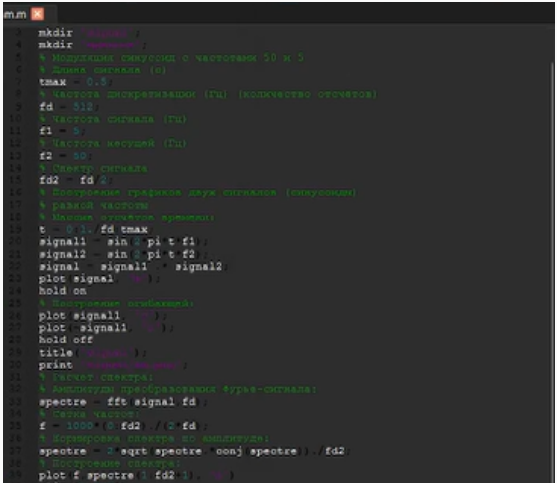
Функция maptowave.m

Вспомогательная функция для преобразования битовой последовательности в волновой сигнал для визуализации.



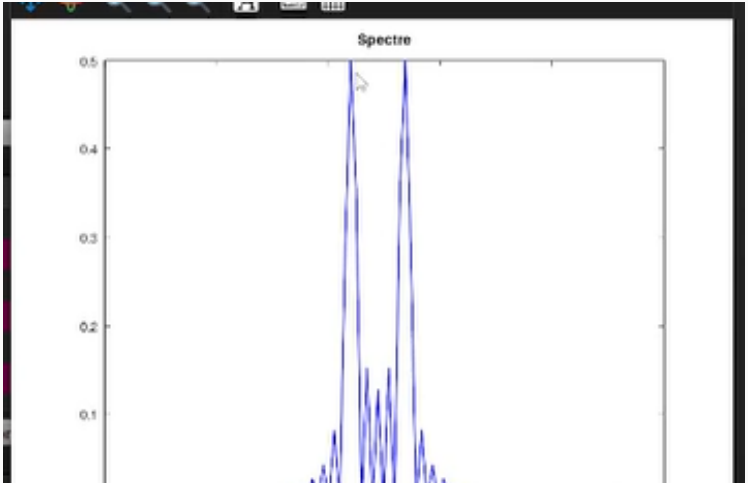
Функция кодирования AMI

Реализация метода Alternate Mark Inversion. Показывает чередование полярности для логических единиц.



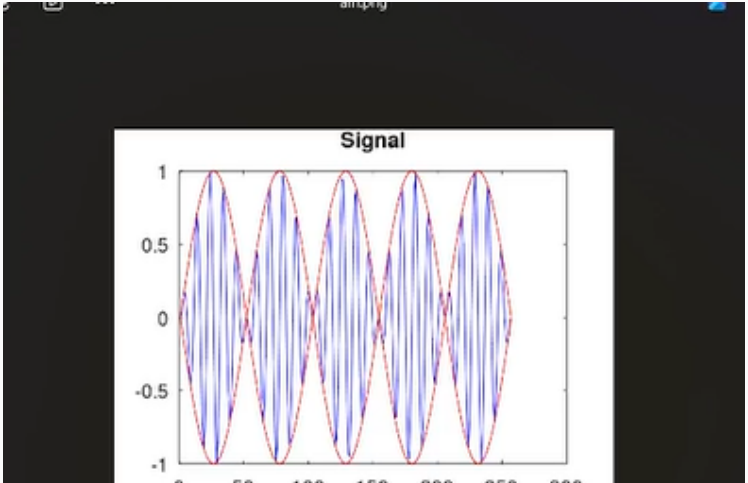
Функция кодирования RZ

Реализация метода Return to Zero (возврат к нулю). Обеспечивает переход в середине каждого бита.



Функция Manchester

Реализация кода с обязательным переходом в центре каждого битового интервала для самосинхронизации.



Функция Diff. Manchester

Более сложный метод, где информация кодируется наличием или отсутствием перепадов уровня.

```
>> pkg list
Package Name          | Version | Installation directory
----------------------+---------+-----------------------
               audio  |   2.0.9 | ...\octave\packages\audio-2.0.9
              biosig  |   3.9.0 | ...\octave\packages\biosig-3.9.0
             cfitsio  |   0.0.7 | ...\octave\packages\cfitsio-0.0.7
               coder  |  1.10.1 | ...\octave\packages\coder-1.10.1
      communications  |   1.2.7 | ...\packages\communications-1.2.7
             control  |   4.1.3 | ...\octave\packages\control-4.1.3
      data-smoothing  |   1.3.0 | ...\packages\data-smoothing-1.3.0
            database  |   2.4.4 | ...\octave\packages\database-2.4.4
           dataframe  |   1.2.0 | ...\octave\packages\dataframe-1.2.0
               dicom  |   0.6.1 | ...\octave\packages\dicom-0.6.1
           financial  |   0.5.4 | ...\octave\packages\financial-0.5.4
             fl-core  |   1.0.2 | ...\octave\packages\fl-core-1.0.2
fuzzy-logic-toolkit   |   0.6.2 | ...\fuzzy-logic-toolkit-0.6.2
                  ga  |  0.10.4 | ...\share\octave\packages\ga-0.10.4
```

Рис. 20: Код diffmanchester.m

График кодирования AMI

Пример кодирования последовательности. Демонстрация отсутствия постоянной составляющей за счет смены полярности.

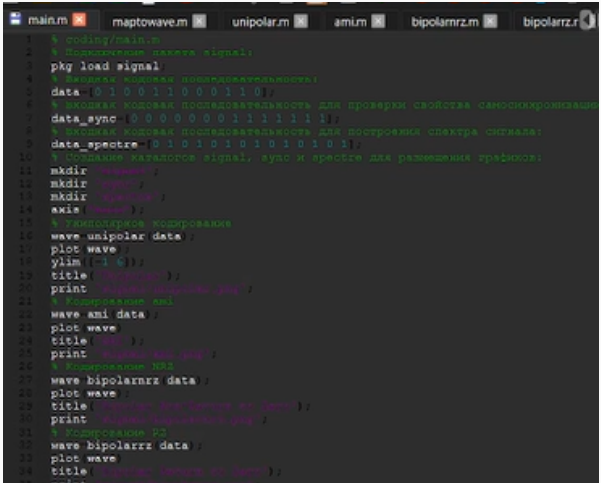


График кодирования NRZ

Демонстрация простейшего двухуровневого кода без возврата к нулю (Non-Return to Zero).

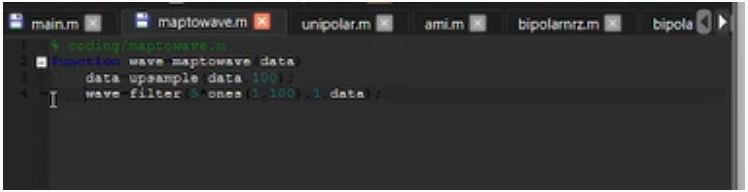


Рис. 22: Сигнал NRZ

Дифференциальный манчестерский код

Иллюстрация метода, где перепад в начале интервала означает «0», а его отсутствие — «1».

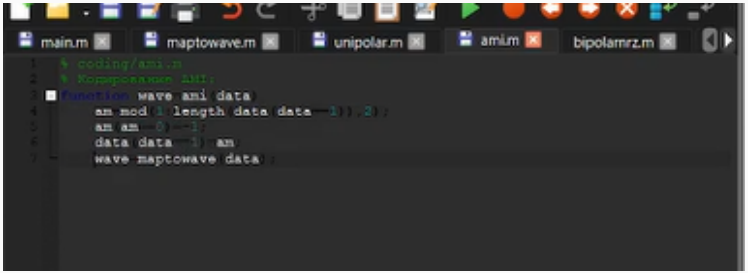


Рис. 23: Сигнал Diff. Manchester

Манчестерское кодирование

Визуализация переходов: для «1» — переход вниз, для «0» — переход вверх в центре бита.

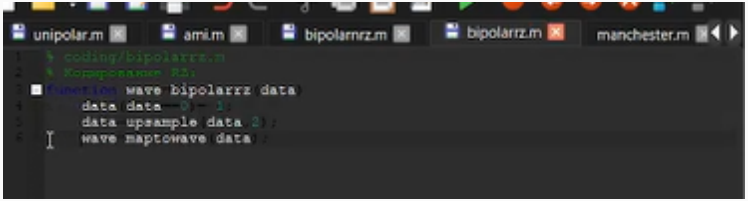


Рис. 24: Сигнал Manchester

Детализация формы сигнала

Тот же сигнал дифференциального манчестерского кодирования в другом масштабе для детального анализа.

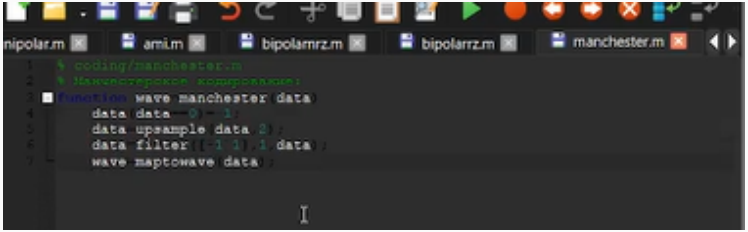


Рис. 25: Diff. Manchester (масштаб)

График кодирования RZ

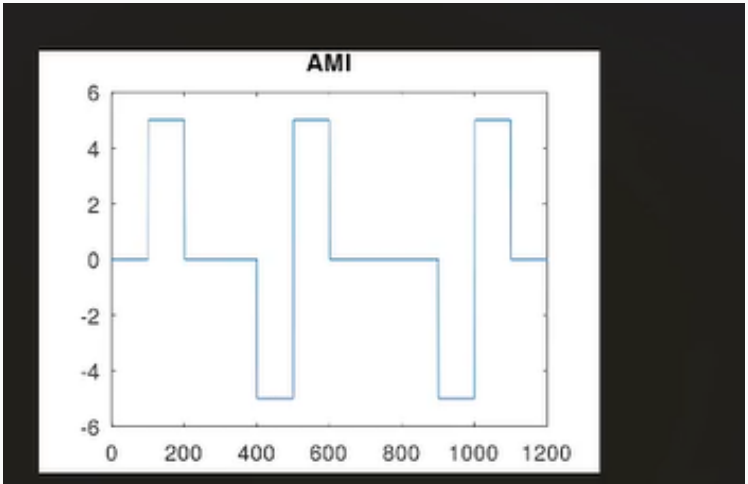
Показан трёхуровневый код с обязательным возвратом к нулю после каждого битового импульса.

Рис. 26: Сигнал RZ

Часть 5: Спектральные характеристики

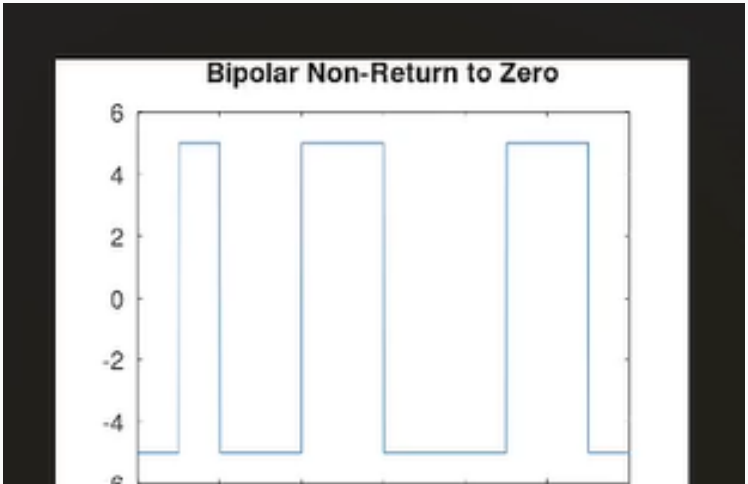
Спектр кодирования AMI

Анализ распределения энергии. Отсутствие пика на нулевой частоте (отсутствие постоянной составляющей).



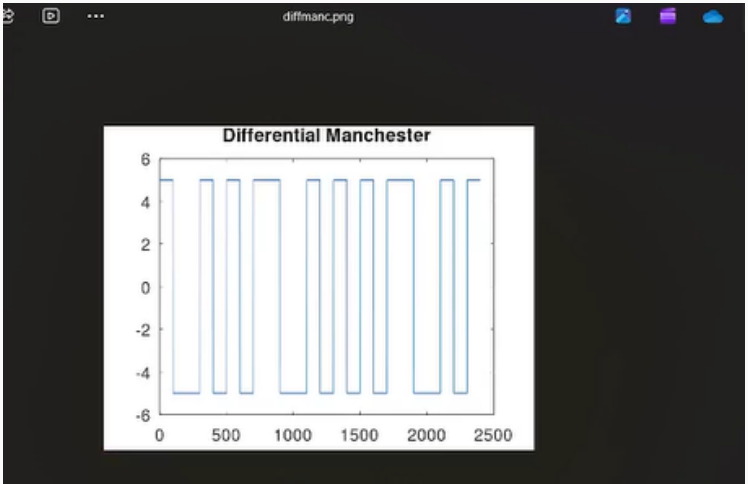
Спектр кодирования NRZ

Сравнение с другими кодами: NRZ обладает наиболее узкой полосой пропускания, но имеет постоянную составляющую.



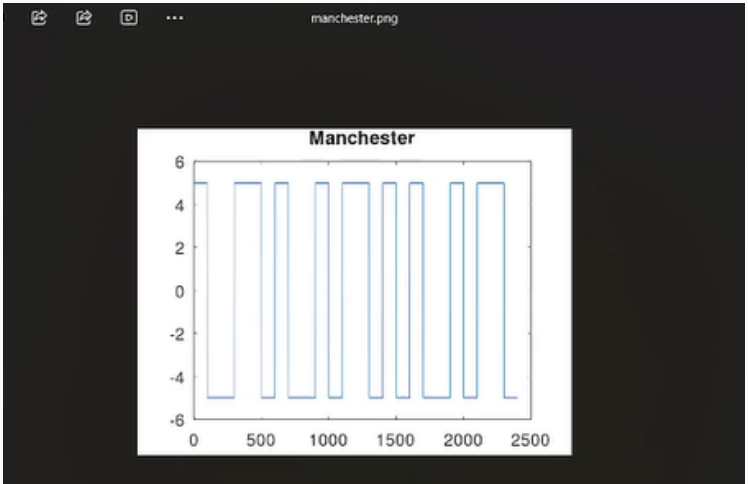
Спектр кодирования RZ

Анализ спектра RZ-кода. Из-за возврата к нулю полоса частот становится шире, чем у NRZ.



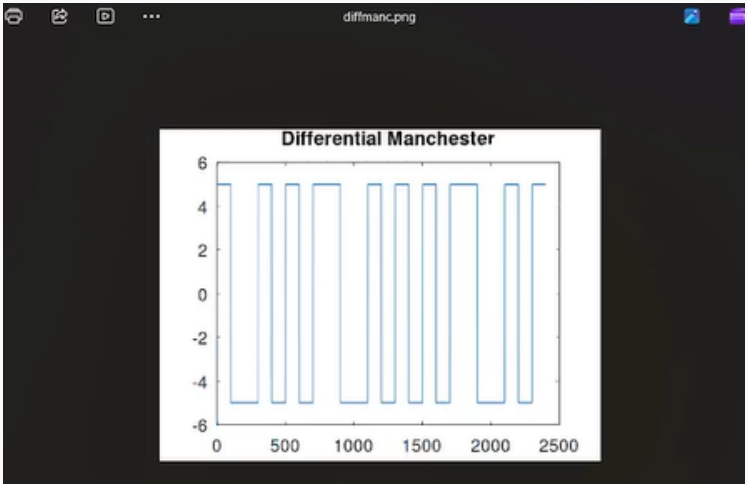
Спектр Diff. Manchester

Изучение спектральных свойств метода, широко используемого в сетевых технологиях (например, Token Ring).



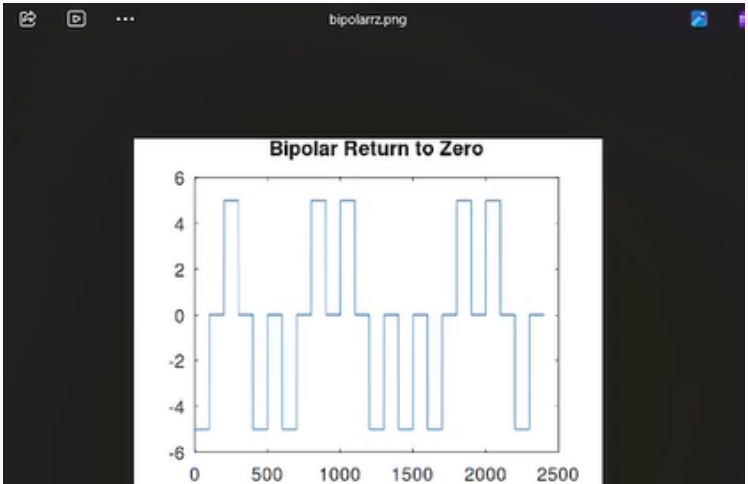
Спектр манчестерского кода

Показывает значительную энергию на высоких частотах, что важно учитывать при выборе физической среды.



Спектр униполярного кода

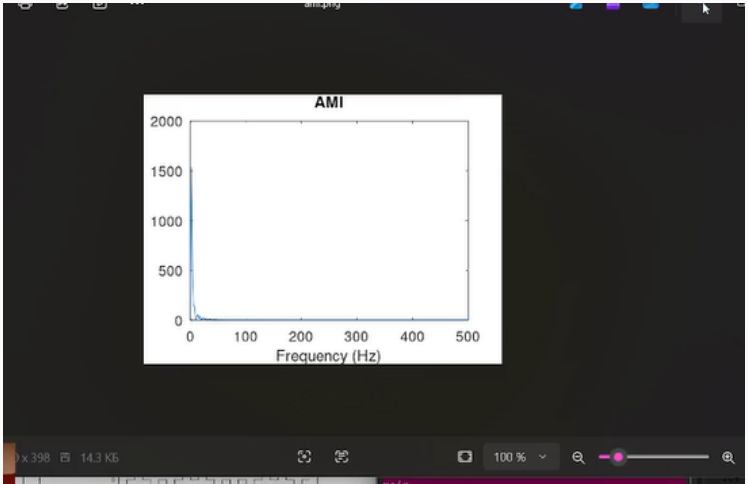
Базовый пример спектра простейшего кода для сравнения эффективности современных методов.



Часть 6: Свойства самосинхронизации

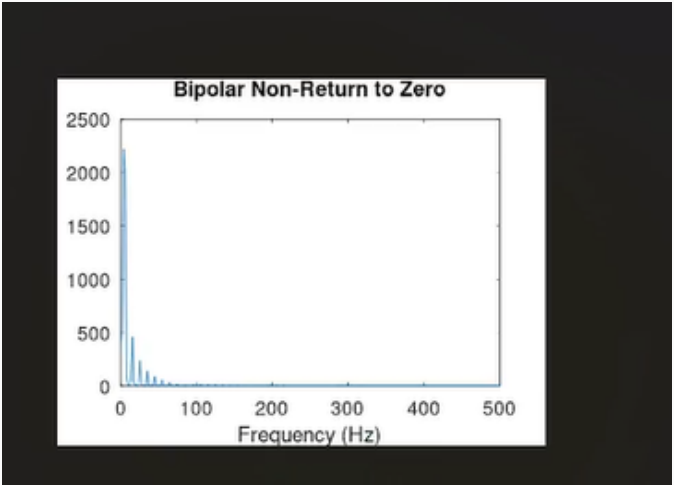
Самосинхронизация AMI

Исследование: AMI сохраняет синхронизацию только при наличии единиц. При длинной серии нулей сигнал затухает.



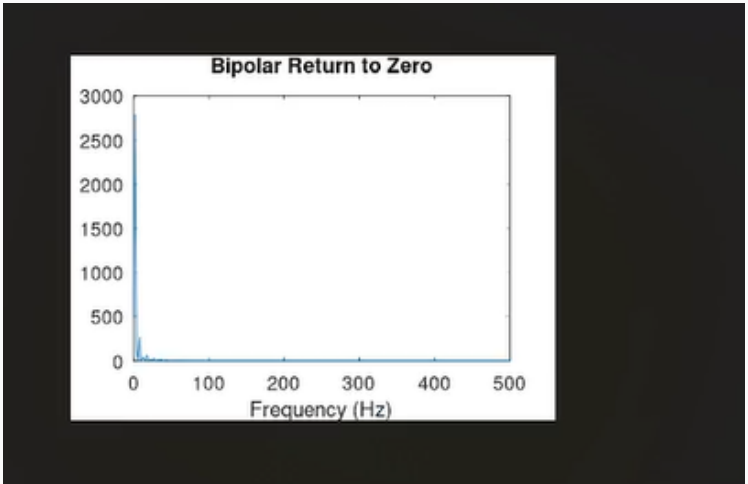
Самосинхронизация NRZ

Демонстрация отсутствия самосинхронизации: при длинной серии одинаковых бит сигнал не меняется.



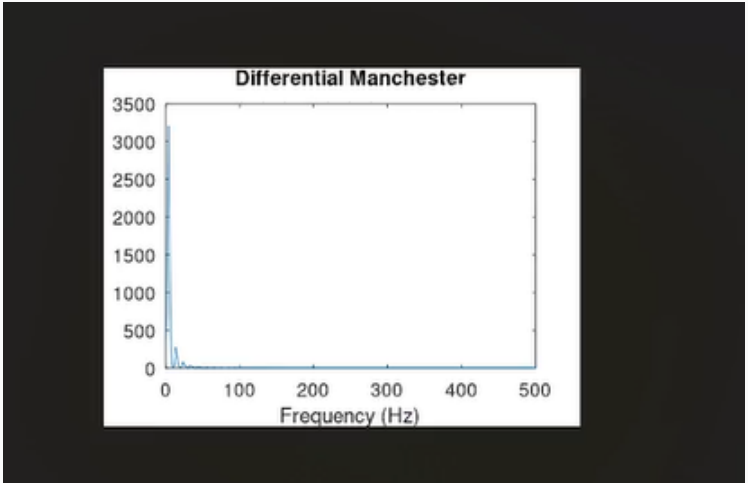
Самосинхронизация RZ

Благодаря возврату к нулю в каждом такте для единиц, код RZ обеспечивает лучшую синхронизацию.



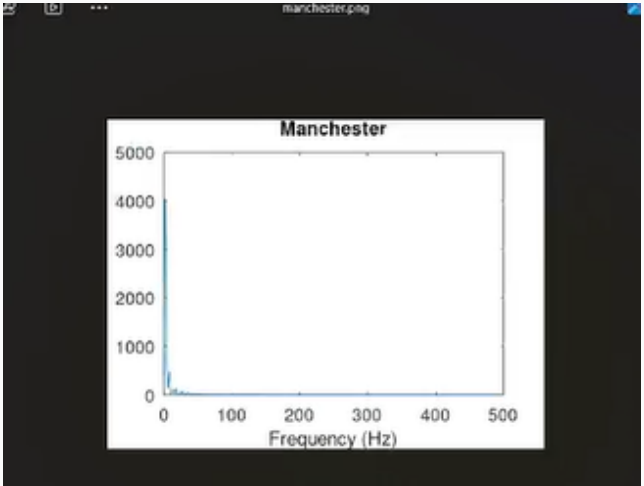
Синхронизация Diff. Manchester

Подтверждение того, что метод обеспечивает самосинхронизацию независимо от передаваемых данных.



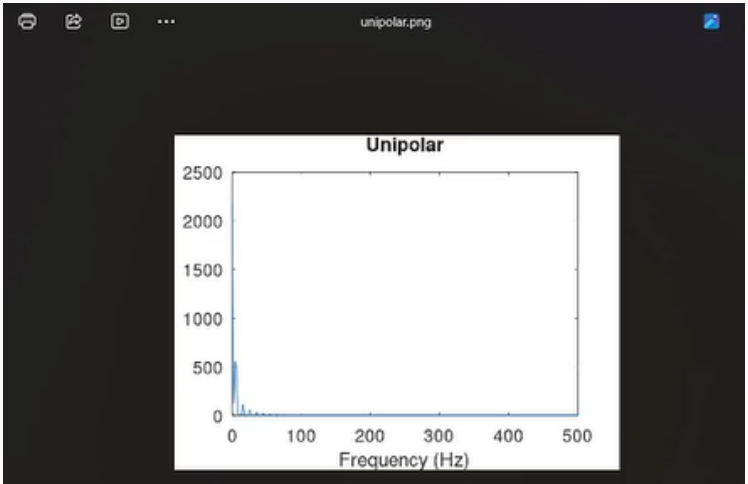
Синхронизация Manchester

Обязательные переходы в центре каждого бита гарантируют надежное выделение тактовой частоты.



Синхронизация Unipolar

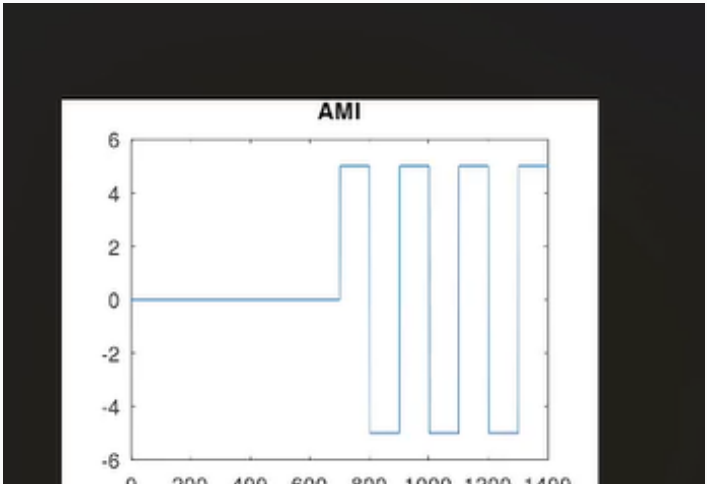
Иллюстрация полной непригодности униполярного кода для синхронизации при отсутствии переходов.



Часть 7: Дополнительные результаты

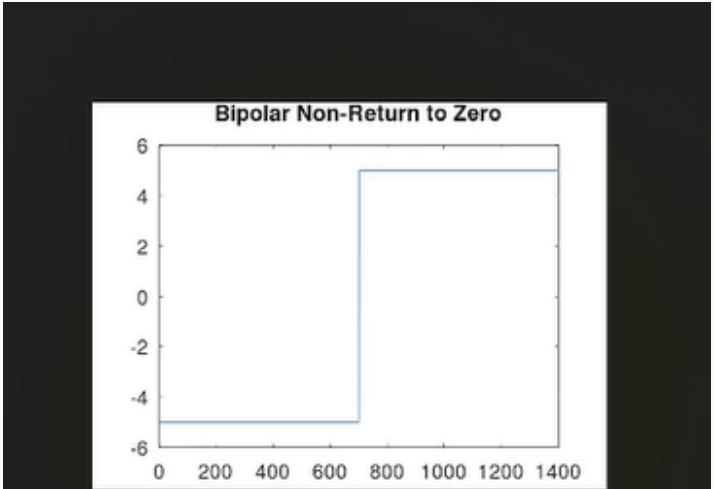
Дополнительный спектр №1

Повторный анализ спектральных характеристик для верификации полученных данных.



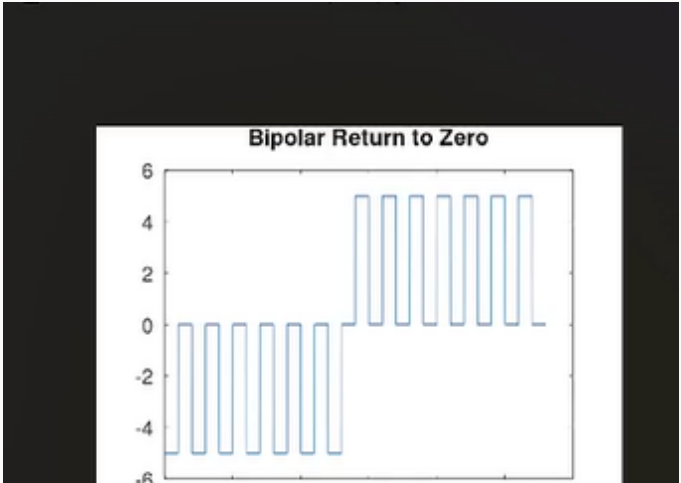
Дополнительный спектр №2

Иллюстрация результатов под другим углом для уточнения формы боковых лепестков.



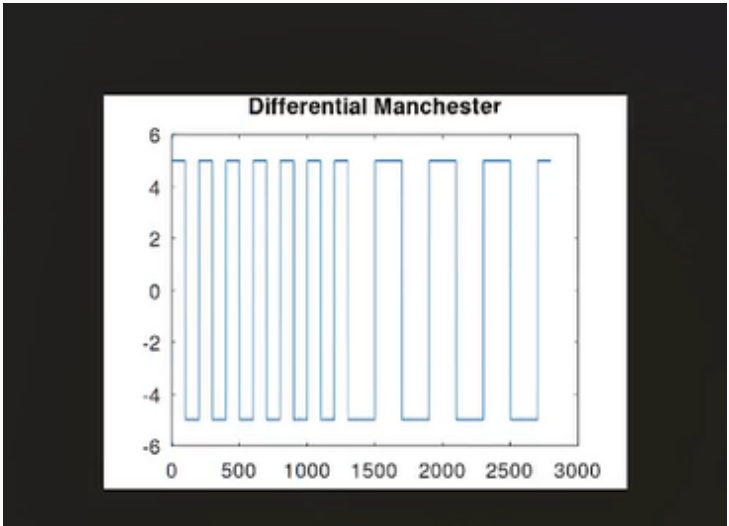
Дополнительный спектр №3

Сравнение энергетических характеристик сигналов в различных форматах экспорта.



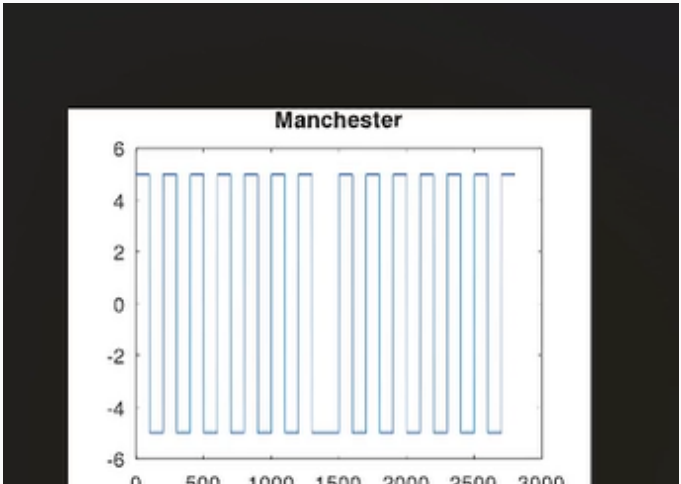
Уточнение временной диаграммы №1

Дополнительный график кодирования для анализа переходных процессов.



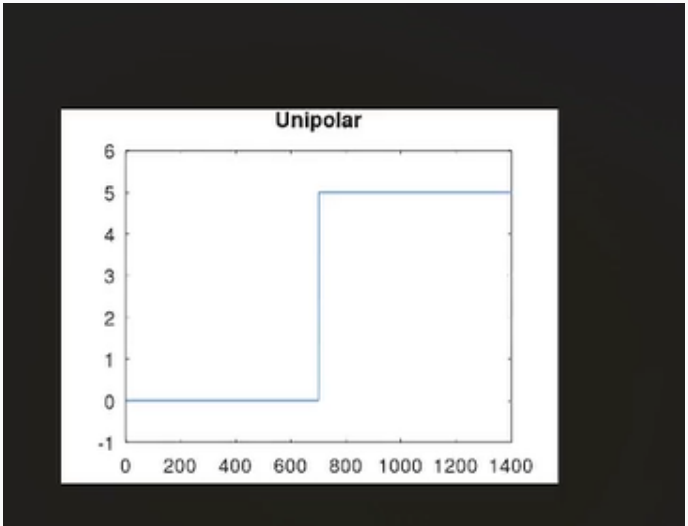
Уточнение временной диаграммы №2

Временная развертка сигнала для подтверждения корректности работы m-файлов.



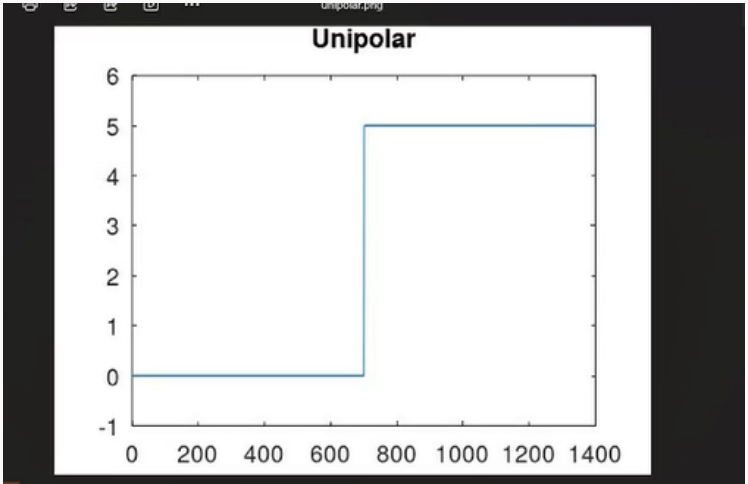
Уточнение временной диаграммы №3

Финальная проверка формирования кодированных последовательностей.



Сводный график результатов

Итоговая визуализация всех проведенных экспериментов в рамках лабораторной работы.



Заключение

Выводы по работе

- Изучены методы разложения сигналов в ряд Фурье и БПФ в среде Octave.
- Реализована модель амплитудной модуляции и проанализирован её спектр.
- На практике доказано, что манчестерские коды обеспечивают лучшую самосинхронизацию.
- Освоены навыки спектрального анализа цифровых и аналоговых сигналов.