ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ КОДЕРА С ПРЕДСКАЗАНИЕМ (ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ИМПУЛЬСНО-КОДОВОГО МОДУЛЯТОРА) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПО LABVIEW

FEATURES OF THE IMPLEMENTATION OF THE PREDICTIVE ENCODER (DIFFERENTIAL PULSE-CODE MODULATOR) USING LABVIEW SOFTWARE

УДК 621.396

Тараскин Евгений Алексеевич, студент, национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва

Видякин Максим Сергеевич, студент, национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва

Taraskin E.A. taraskinea@gmail.com

Vidyakin M.S. halvapost@mail.ru

Аннотация

В данной статье рассмотрены особенности построения кодера с предсказанием для цифровой приемо-передающей системы при передаче звуковых файлов формата WAV, с использованием программного обеспечения LabVIEW – кроссплатформенной графической среды разработки приложений, основанной на архитектуре потоков данных. Описаны основные виды и принципы построения кодера и декодера. Приведено описание блоков, из которых построена рассматриваемая система, рассмотрен порядок их работы, а также взаимодействия между собой. В заключительной части статьи рассмотрен и проанализирован процесс проверки работоспособности системы путем анализа звукового файла, прошедшего через кодер.

Annotation

This article discusses the features of building a predictive encoder for a digital transceiver system, which is used when transmitting audio files of the WAV format, using LabVIEW software, a cross-platform graphical application development environment based on the architecture of data streams. The main types and principles of constructing an encoder and a decoder are described. A description of the blocks from which the system under consideration is built is given. The order of their work and interaction with each other is considered. In the final part of the article, the process of checking the system performance by analyzing the sound file that has passed through the encoder is considered and analyzed.

Ключевые слова: моделирование, LabVIEW, кодер, предсказание, система связи, приемник, передатчик.

Keywords: modeling, LabVIEW, encoder, prediction, communication system, receiver, transmitter.

В процессе проектирования приемо-передающей системы [1] возникла необходимость применения экономного кодирования. Вследствие того, что в качестве передаваемого сообщения выступал звук, а именно – файл формата WAV, было решено отказаться от энтропийного кодирования, так как для его реализации необходимо знать вероятности появления символов в сообщении, а случайный характер звукового сигнала не позволяет получить их с необходимой точностью. Кроме того, данный метод не позволяет обеспечить необходимую степень сжатия.

Было решено реализовать кодирование с предсказанием или дифференциальной импульсно-кодовой модуляции (ДИКМ). В этом случае по каналу связи передается разность между действительным значением текущего отсчета сигнала и значением этого же отсчета, предсказанным по предыдущим отсчетам.

Структурные схемы блоков кодирования и декодирования представлены на рисунке 1 [2].

Система содержит кодирующую часть (Рисунок 1, а) и декодирующую часть (Рисунок 1, б), между которыми может быть канал связи или устройство записи информации на какой-либо носитель.

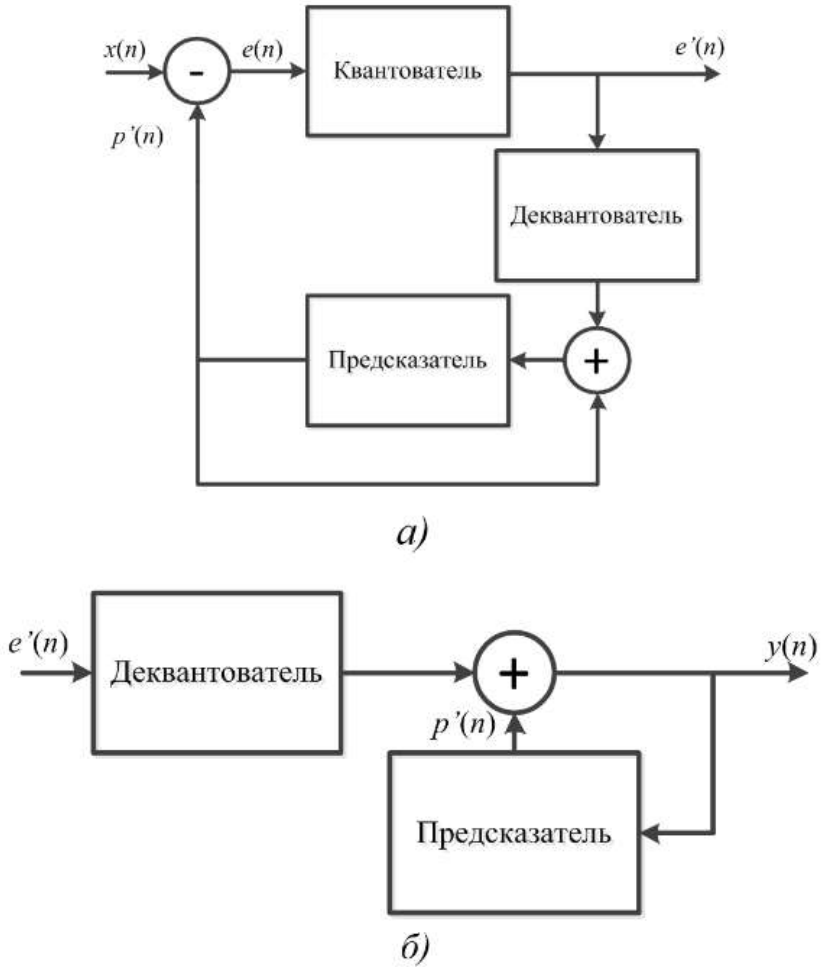


Рисунок 1 – Структурная схема системы передачи информации с ДИКМ.
а) кодер, б) декодер

На вход кодера поступает последовательность отсчетов входного сигнала x(n). В предсказателе формируются предсказанные значения сигнала p'(n). В вычитающем устройстве определяется разность действительного x(n) и предсказанного p'(n) значений отсчета сигнала, равная e(n) = x(n) – p'(n) и называемая ошибкой предсказания. Далее сигнал e(n) поступает в квантователь. Уменьшение скорости передачи двоичных символов достигается за счет уменьшения в квантователе количества двоичных разрядов величины e(n) (ошибка предсказания меньше текущего значения отсчета входного сигнала), в результате чего получается передаваемый по каналу связи сигнал e'(n).

В качестве предсказателя используется цифровой фильтр. Уравнение предсказателя имеет следующий вид (N-отводное предсказание) [2]:

$$p'(n) = b_1 x(n-1) + b_2 x(n-2) \ldots + b_m x(n-m) \qquad (1)$$

Оптимальные коэффициенты предсказания b минимизируют среднеквадратичную ошибку предсказания.

Для того чтобы выбрать окно цифрового фильтра (предсказателя) и определить оптимальные коэффициенты необходимо знать автокорреляционную функцию сигнала. На рисунке 2 приведен пример типичной автокорреляционной функции (АКФ) речевого сигнала. Из графика видно, что при переходе от выборки к выборке, амплитуда сигнала изменяется слабо, и для ее полного изменения требуется временной интервал, превышающий радиус корреляции [2].

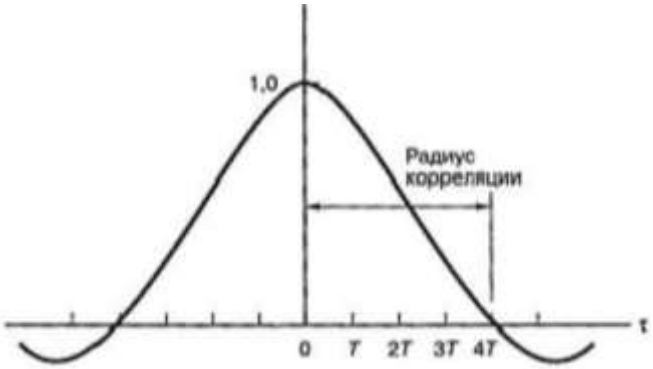


Рисунок 2 – Автокорреляционная функция речевого сигнала [2]

Связь коэффициентов фильтра и значений АКФ:

$$\begin{gathered} R(0)b_1 + R(1)b_2 + R(2)b_3 + \cdots + R(N-1)b_N = R(1) \\ R(1)b_1 + R(0)b_2 + R(1)b_3 + \cdots + R(N-2)b_N = R(2) \\ R(2)b_1 + R(1)b_2 + R(0)b_3 + \cdots + R(N-3)b_N = R(3) \qquad (2) \\ \ldots \\ R(N-1)b_1 + R(N-2)b_2 + R(N-3)b_3 + \cdots + R(0)b_N = R(N) \end{gathered}$$

Решая систему уравнений, вычисляют значения коэффициентов цифрового фильтра [2].

Чтобы вычислить уравнение предсказателя, необходимо вычислить оптимальные коэффициенты фильтра. Зная АКФ (Рисунок 2), выберем окно предсказателя равным 2T и определим оптимальные коэффициенты фильтра используя систему уравнений (2):

$$\begin{cases} b_1 + 0{,}8b_2 = 0{,}8 \\ 0{,}8b_1 + b_2 = 0{,}5 \end{cases}$$

Из полученной системы найдены $b_1 = 1{,}11$ и $b_2 = -0{,}39$. Тогда уравнение предсказателя примет вид:

$$p'(n) = 1{,}11 \cdot x(n-1) - 0{,}39 \cdot x(n-2)$$

Блочная панель кодера с предсказанием представлена на рисунке 3.

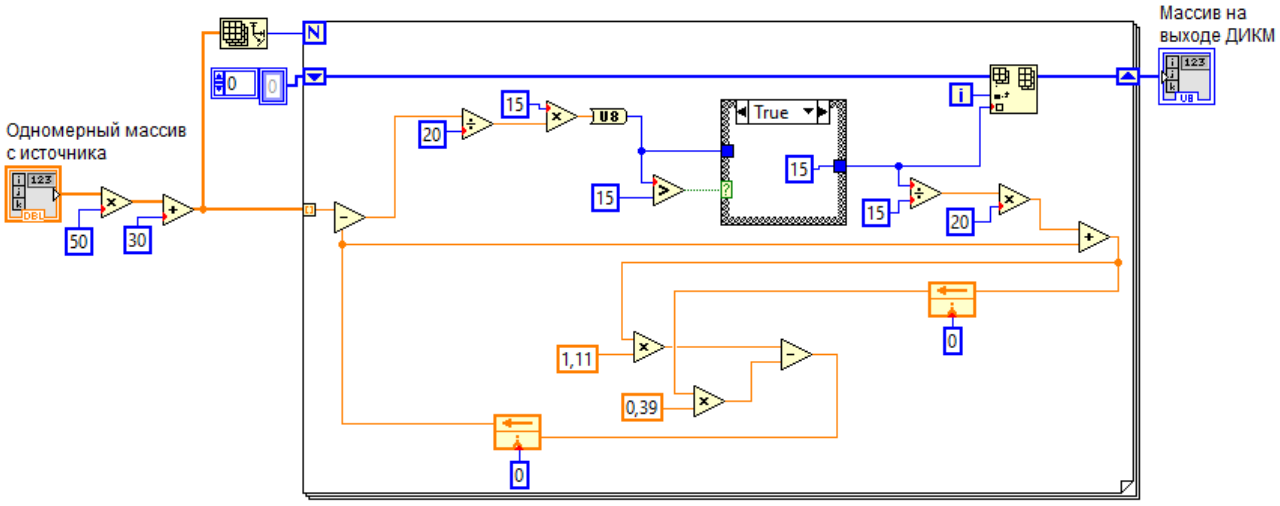


Рисунок 3 – Блочная панель кодера с предсказанием

Блоки умножения на 50 и суммирования с 30 необходимы для того, чтобы значения отсчетов, приходящие с источника сделать положительными и более удобными для дальнейшей обработки. В остальном принцип работы соответствует схеме, приведенной на рисунке 1 (а).

Для демонстрации работы блока кодирования с предсказанием, к нему был подключен источник информации (Рисунок 4) и произведен процесс моделирования.

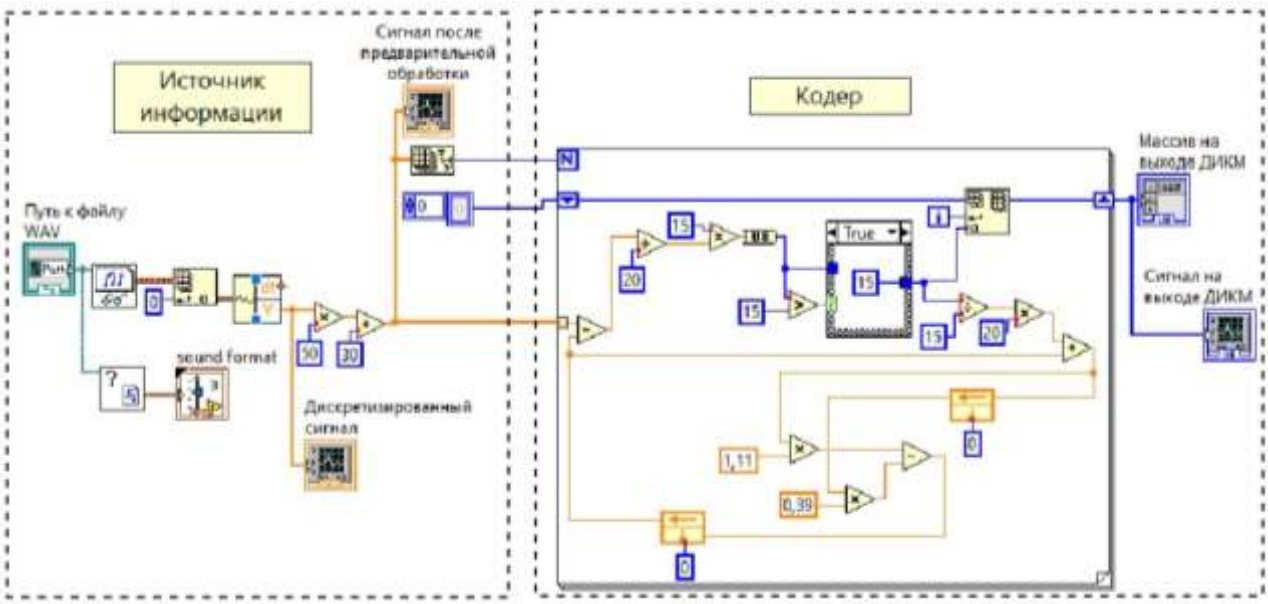


Рисунок 4 – Последовательно включенные источник информации и блок кодирования с предсказанием

Лицевая панель, отражающая полученные результаты, представлена на рисунке 5.

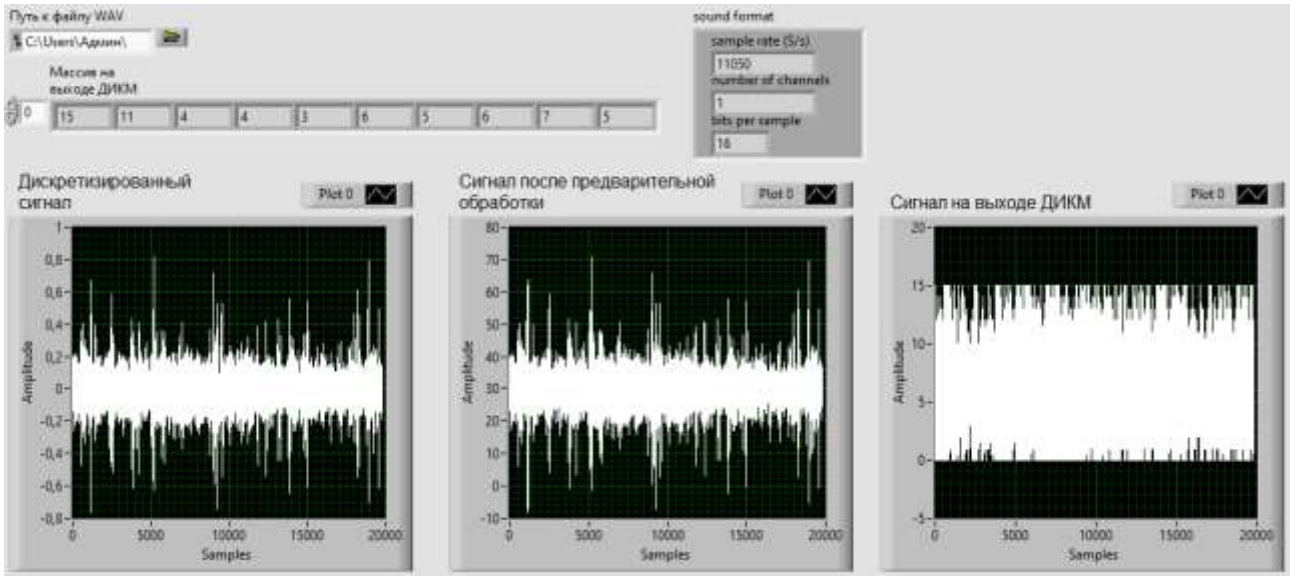


Рисунок 5 – Лицевая панель кодера с предсказанием

Из рисунка 5 видно, что на самом деле передается разность предсказанного и поступившего на вход сигналов. За счет этого максимальная амплитуда передаваемого сигнала уменьшилась с 70 до 15, и при переходе к

двоичной системе отсчета можно использовать не семи-, а четырехразрядный код, за счет чего и достигается необходимое сжатие.

Блочная панель декодера с предсказанием представлена на рисунке 6. Структура разработанного блока соответствует рисунку 1(б). Блоки деления на 50 и вычитания 30 необходимы для перехода от формы сигнала, удобной для обработки, к первоначальной.

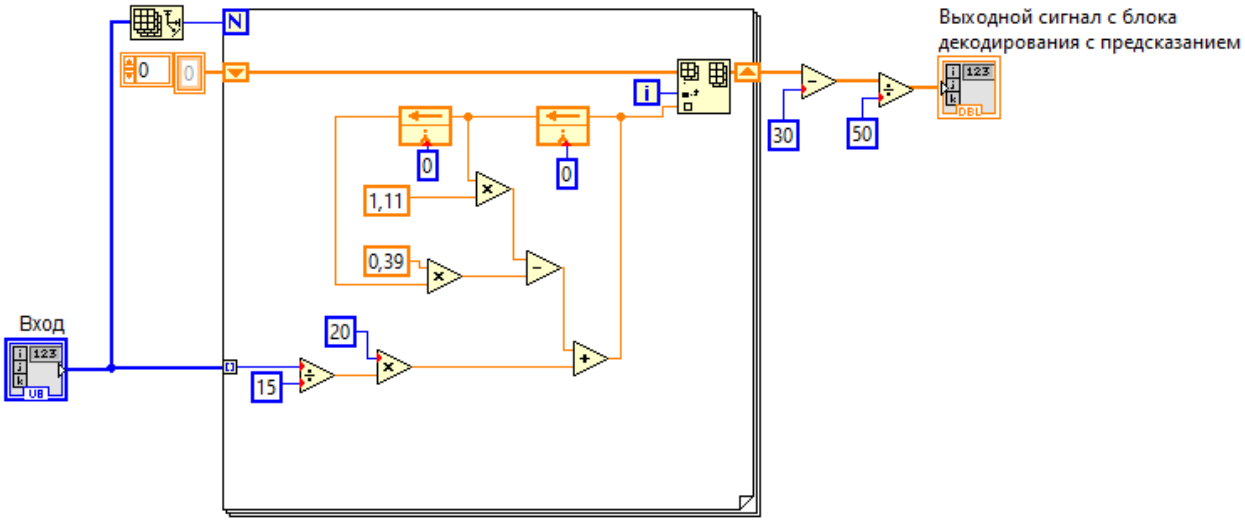


Рисунок 6 – Блочная панель декодера с предсказанием

Чтобы проверить работоспособность разработанных блоков, они были включены последовательно (Рисунок 7), затем произведено моделирование, результаты которого отражены на рисунке 8.

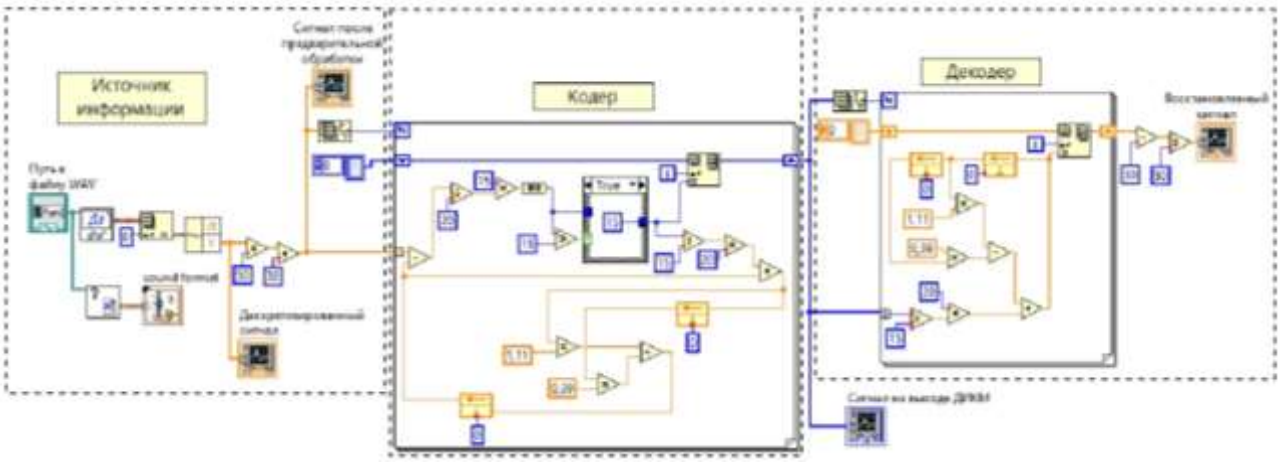


Рисунок 7 – Блочная панель с последовательно включенными кодером и декодером

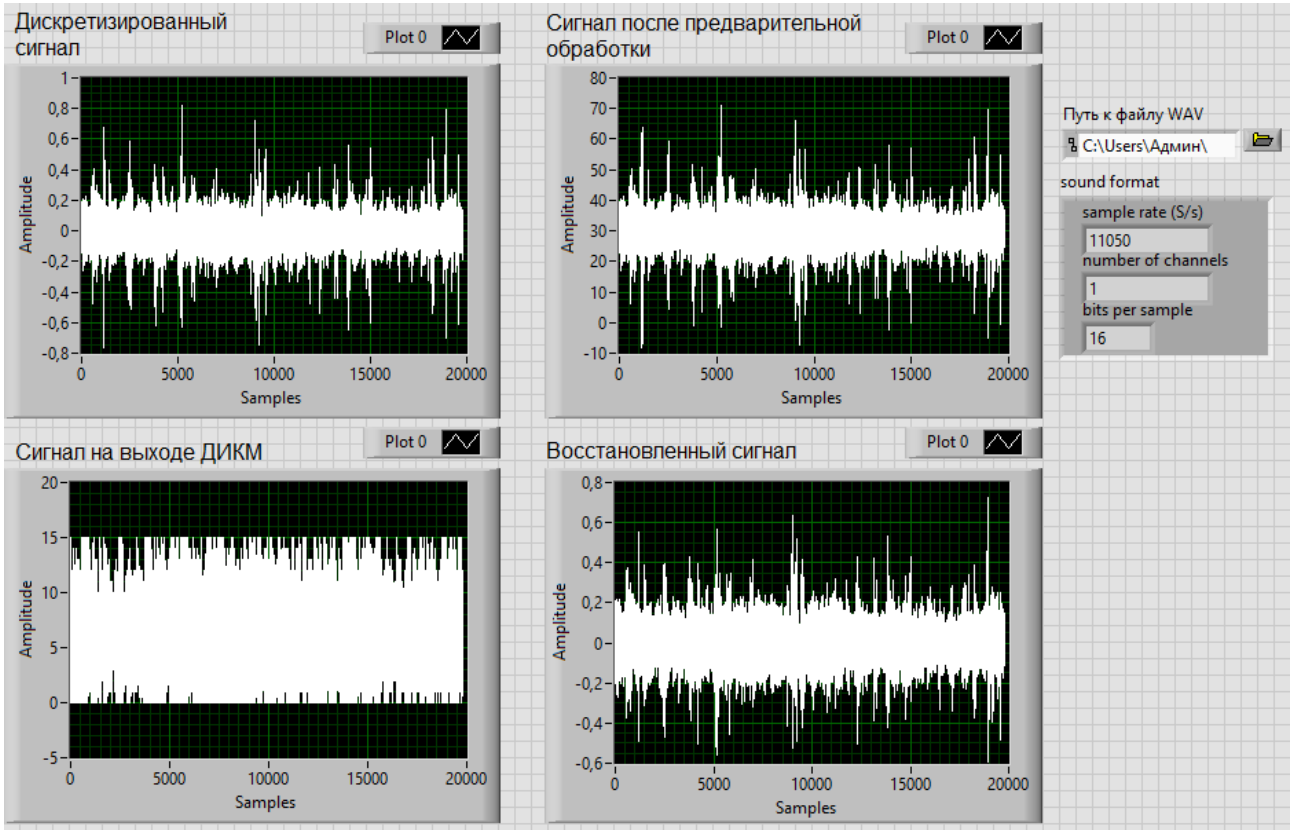


Рисунок 8 – Диаграммы, полученные при последовательном включении кодера и декодера

Как видно из результатов моделирования, диаграмма восстановленного сигнала практически идентична диаграмме с исходным дискретизированным сигналом. Отличия между ними объясняются ошибкой квантования. При прослушивании выходного файла отличий между ним и исходным замечено не было. Таким образом, можно сделать вывод, что при прохождении сигнала через исследуемую структуру значительных потерь не произошло.

Представленные результаты, полученные в ходе разработки и проведения исследований, позволяют говорить о том, что были спроектированы модели поставленные задачи выполняют успешно. Путем их применения, удалось добиться сжатия исходного сигнала в 1,75 раз без значительного ухудшения качества звукового файла. Таким образом, рассматриваемая система кодер - декодер позволяет не только уменьшить объем передаваемых данных (что может способствовать увеличению скорости передачи), но и внедрить в приемо-передающую систему помехоустойчивое кодирование практически без потерь начальной скорости.

Литература

1. Видякин М. С., Тараскин Е. А. Особенности проектирования приемо-передающей системы на основе USRP модулей в программной среде LabVIEW // StudNet. 2021. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-proektirovaniya-priemo-peredayuschey-sistemy-na-osnove-usrp-moduley-v-programmnoy-srede-labview (дата обращения: 22.03.2021).
2. Пьянзин, Д. В. Основы цифрового телевидения: лабораторный практикум / Д.В. Пьянзин, А.В. Спирин, В.И. Королев / – Саранск: Издательство Мордовского университета, 2018. – 68 с.
3. Шульгин В.И. Основы теории передачи информации, ч.2. Помехоустойчивое кодирование – Учеб. пособие – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 87 с.
4. Шварцман В.О. Передача дискретной информации. Уч. для студ. электротехн. институтов. / В.О. Шварцман, Г.А. Емельянов – М.: Радиосвязь, 1982. – 240 с.
5. Федосов В.И. Основы программирования Labview. / В.И. Федосов – Учебное пособие – С.: Саратовский государственный университет имени Чернышевского, 2010. – 53 с
6. Р. У. Хит мл. Цифровая беспроводная связь. Лаборатория исследования физического уровня с использованием платформы NI USRP: Руководство по лабораторной работе для студента / Р. У. Хит мл.:– «National technology and science press», 2012 г. – 160 с

Literature

1. Vidyakin M. S., Taraskin E. A. Design features of a receiving-transmitting system based on usrp modules in the LabVIEW software environment // StudNet. 2021. No. 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-proektirovaniya-priemo-peredayuschey-sistemy-na-osnove-usrp-moduley-v-programmnoy-srede-labview (In Russian)

2. Pyanzin, D. V. Fundamentals of digital television: laboratory practice / D.V. Pyanzin, A.V. Spirin and V.I. Korolev / - Saransk: Publishing House of the Mordovian University, 2018 .– 68 p.
3. Shulgin V.I. Fundamentals of the theory of information transmission, part 2. Noise-resistant coding - Textbook. allowance - X .: Nat. aerospace un-t "Khark. Aviation Institute ", 2003. - 87 p.
4. Shvartsman V.O. Transfer of discrete information. Uch. for stud. electrical engineering institutions. / V.O. Shvartsman, G.A. Emelyanov - M .: Radio communication, 1982 .– 240 p.
5. Fedosov V.I. Fundamentals of Labview Programming. / V. I. Fedosov - Textbook - C .: Saratov State University named after Chernyshevsky, 2010 .– 53 p.
6. R. W. Heath Jr. Digital wireless communication. Laboratory of physical level research using the NI USRP platform: A guide to laboratory work for a student / R. W. Heath Jr.: - "National technology and science press", 2012-160 p.