

## ПРОЦЕССОР ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

*Боровик В.В., студент гр.150701*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Вашкевич М.И. – доктор техн. наук*

**Аннотация.** В работе рассмотрен метод дискретного вейвлет-преобразование (ДВП) изображений на базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС). Результатом работы этих методов является успешное разложение и восстановление изображения. Метод проверялся в пакете *MATLAB*.

**Ключевые слова.** Дискретное вейвлет-преобразование, ПЛИС.

### Введение

Вейвлет-обработка изображений – это мощный инструмент, который имеет множество применений в области компьютерной графике. Такими графическими приложениями являются редактирование и сжатие изображений, поиск изображения по запросу и множество других [1].

В современном мире широко распространено применение программируемых логических интегральных схем при проектировании и прототипирование электронных устройств. Большая популярность ПЛИС связана с тем, что в отличие от обычных цифровых микросхем, её прошивка может быть перезаписана, что значительно упрощает процесс разработки цифровых устройств.

В данной работе рассматривается разработка устройства, реализующего обратное и прямое дискретное вейвлет-преобразование.

### Дискретное вейвлет преобразование

Дискретное вейвлет-преобразование (ДВП) представляет собой вейвлет-преобразование, в котором вейвлеты представлены дискретными сигналами. Суть вейвлет-преобразования заключается в том, что материнский вейвлет сдвигается и масштабируется относительно исследуемого сигнала.

ДВП можно реализовать с помощью пары всечастотного (ВЧ) и низкочастотного (НЧ) КИХ-фильтров. Импульсной характеристикой ВЧ фильтра является функция масштабирования материнского вейвлета, а импульсной характеристикой НЧ фильтра – сам материнский вейвлет. Отсюда, ДВП имеет вид:

$$y_{high}[n] = (x * g)[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]h[n - k] \quad (1),$$

$$y_{low}[n] = (x * g)[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]g[n - k] \quad (2),$$

Так как половина частотного диапазона была отфильтрована, то, согласно теореме Котельникова, отсчёты сигнала можно проредить вдвое. В таком случае ДВП примет вид:

$$y_{high}[n] = (x * g)[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]h[2n - k] \quad (3),$$

$$y_{low}[n] = (x * g)[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]g[2n - k] \quad (4),$$

Таким образом для одномерного сигнала ДВП для одномерного сигнала примет вид представленный на рисунке 1.

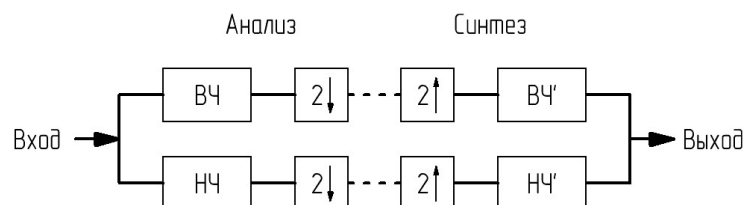


Рисунок 1 – Схема анализа и синтеза дискретного вейвлет-преобразования для одномерного сигнала [2]

В результате на выходе ВЧ фильтра мы получим детализирующие коэффициенты, а на выходе НЧ фильтра – коэффициенты аппроксимации.

Для двумерного сигнала ДВП можно получить приложением одномерного разложения в горизонтальном и вертикальном направлениях. Схема анализа двумерного сигнала представлена на рисунке 2. Схема синтеза будет иметь зеркальный, относительно схемы анализа, вид.

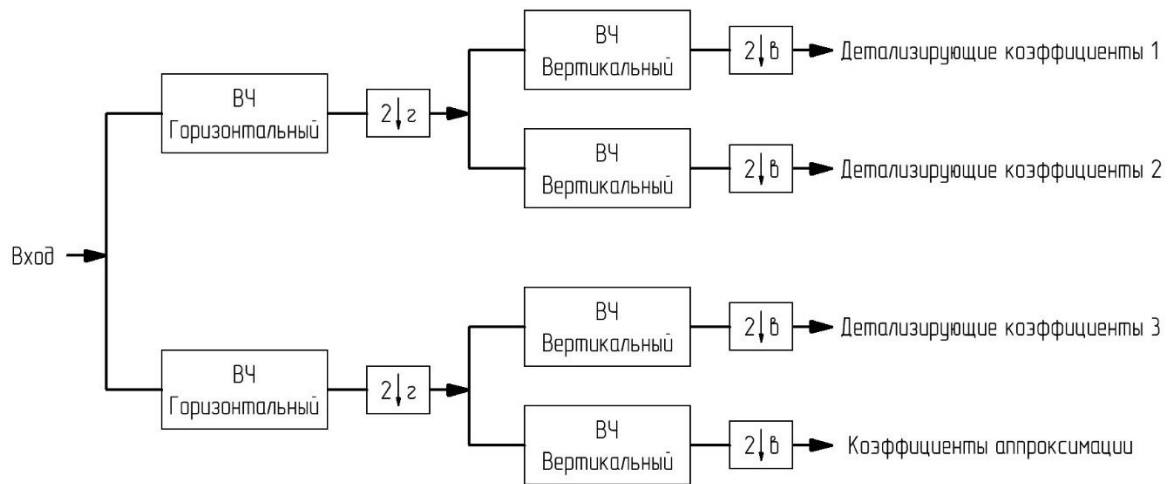


Рисунок 2 – Схема анализа дискретного вейвлет-преобразования для двумерного сигнала [2]

На выходе фильтров мы получим коэффициенты аппроксимации и 3 группы детализирующих коэффициентов, которые, в случае обработки изображения, будут являться вертикальными, горизонтальными и диагональными деталями обрабатываемого изображения.

#### Моделирование алгоритма с помощью пакета MATLAB

В пакете MATLAB было проведено моделирование ДВП для изображения в оттенках серого. В качестве материнского вейвлета был выбран вейвлет Добеши-4. Результаты разложения и восстановления изображения представлены на рисунке 3.

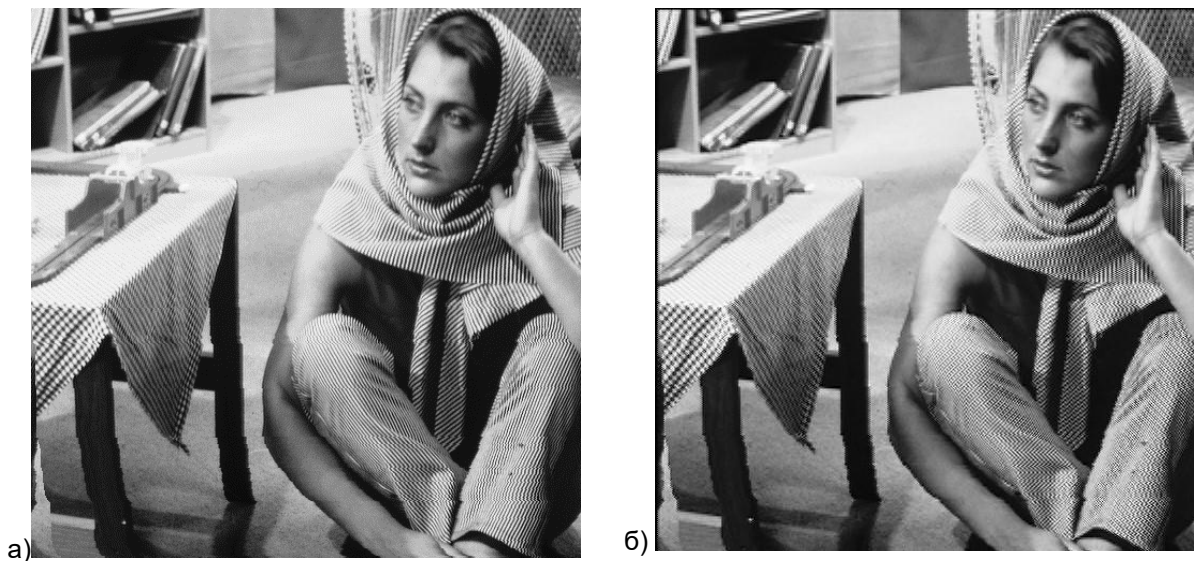


Рисунок 3 – а) Исходное изображение, б) Восстановленное изображение

При детальном рассмотрении изображений на рисунке 3 можно заметить у восстановленного изображения черную рамку у верхнего и левого краев изображения. Эта «рамка» является результатом наличия у фильтров задержки, что говорит нам о том, что, не смотря на зеркальную форму схем анализа и синтеза, на практике идеально восстановить изображение не удаётся.

#### Аппаратная реализация дискретного вейвлет преобразования на базе программируемой логической интегральной схемы

Так как ДВП выполняется путём свёртки исходного сигнала с фильтрами, то в аппаратной реализации удобно будет использовать операцию умножения с накоплением. На рисунке 4 представлена схема операционной части вычислительного блока, который отвечает за вычисление ДВП для отдельно взятой строки или столбца. Примечательно, что данный вычислительный блок способен выполнять как прямое, так и обратное ДВП.

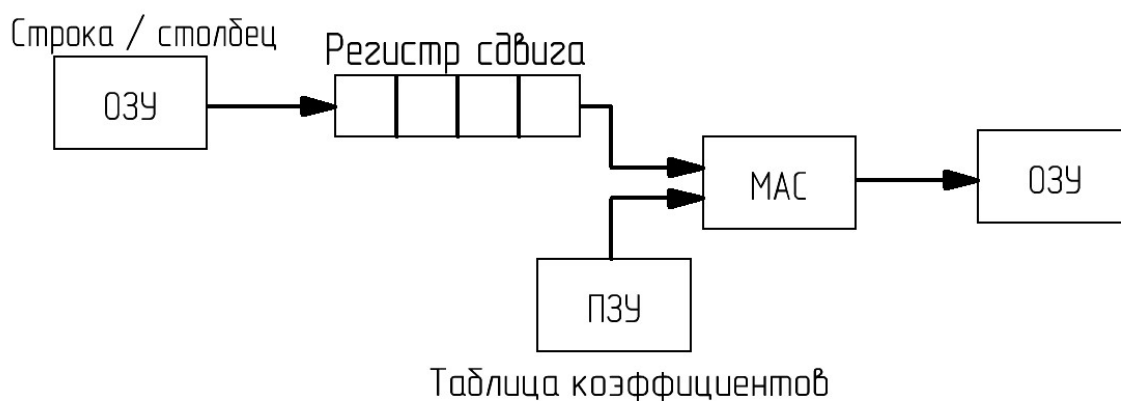


Рисунок 4 – Схема операционной части блока, вычисляющего дискретное вейвлет преобразование для отдельно взятой строки или столбца

Операционная часть состоит из оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) на входе, который выполняет роль буфера для обрабатываемой строки или столбца. Данные в входной буфер поступают из внешней памяти в размере одной строки или столбца. Так же на схеме представлен регистр сдвига с последовательной загрузкой и последовательной выгрузкой, он осуществляет передачу данных между входным буфером и блока вычисления умножения с накоплением. Ниже представлена таблица коэффициентов фильтров, реализованная на базе постоянного запоминающего устройства (ПЗУ). После всех вычислений результат записывается в выходной буфер, который реализован на базе ОЗУ. После завершения полного цикла вычисления ДВП для определенной строки или столбца изображения на вход поступает очередная строка или столбец, и так до тех пор, пока не будут завершены все стадии вычисления прямого или обратного ДВП.

**Список использованных источников:**

1. Столниц Э., ДеРоуз Т., Салезин Д. Вейвлеты в компьютерной графике. Теория и приложения / Л. А. Кунгуровой // 2002. С. 15.
2. D. Lee Fugal *Conceptual Wavelets in digital signal processing. An in-depth practical approach for non-mathematicians* – Space & Signal Technologies LLC, 2009. с. 20, 22.

## THE WAVELET TRANSFORM PROCESSOR

*Borovik V.V.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Vashkevich M.I. – Doctor of Science*

**Annotation.** The paper considers the method of discrete wavelet transform (DWT) of images based on a programmable logic integrated circuit (FPGA). The result of these methods is the successful decomposition and restoration of the image. The method was tested in the MATLAB package.

**Keywords.** DWT, FPGA, processor.