

УДК 004.383.3; 004.67; 621.317.616

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА НА ОСНОВЕ БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАРТЛИ ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

студент гр. 913802 Белов А. Д.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Спектральный анализ, наряду со статистическим, является одним из основных инструментов обработки пространственно-временных числовых рядов, массивов и потоков данных [1, 2].

Базовый оператор спектрального анализа – это Фурье-преобразование, оперирующее комплексными числами. Т.к. комплексное число имеет две составляющие (действительную и мнимую), то и объём арифметических вычислений (сложений и умножений) в Фурье-преобразовании, как минимум, удваивается. На практике же для быстрых вычислений в спектральном или квазиспектральном анализе следует использовать преобразование или алгоритм без комплексных чисел. Таковым, в частности, выступает преобразование Хартли [3, 4]:

$$h_n = \sum_{k=0}^{N-1} f_k \text{cas} \left(\frac{2\pi}{N} kn \right),$$

где $f[N]$ – входной числовой массив длиной N , $\text{cas}(x) = \cos(x) + \sin(x)$.

Быстрое преобразование Хартли (БПХ) на 36% производительней по сравнению с быстрым преобразованием Фурье (БПФ) [3, 5]. Данный факт подтверждается авторскими исследованиями в задаче спектрального анализа звукового сигнала на платформе Arduino [6].

В ходе работы на базе микроконтроллера ATmega328 создана программная реализация БПХ для звукового сигнала, получаемого с микрофона. Частота дискретизации равна 38.4 кГц. В качестве микрофонного модуля использована плата с усилителем MAX9814. С применением библиотеки ArduinoFHT общее количество умножений для получения N выходных отсчётов преобразования Хартли составляет $(N/2) \cdot \log_2 N$, что обеспечивает существенное повышение быстродействия и позволяет выполнять измерения в реальном масштабе времени. Для визуализации спектра использованы две светодиодные матрицы 8x8 с драйвером MAX7219 и библиотека Max72xxPanel. SPI-драйверы MAX7219

управления светодиодными матрицами соединены каскадно, что отражено на структурной схеме моделируемого прибора рисунка 1.

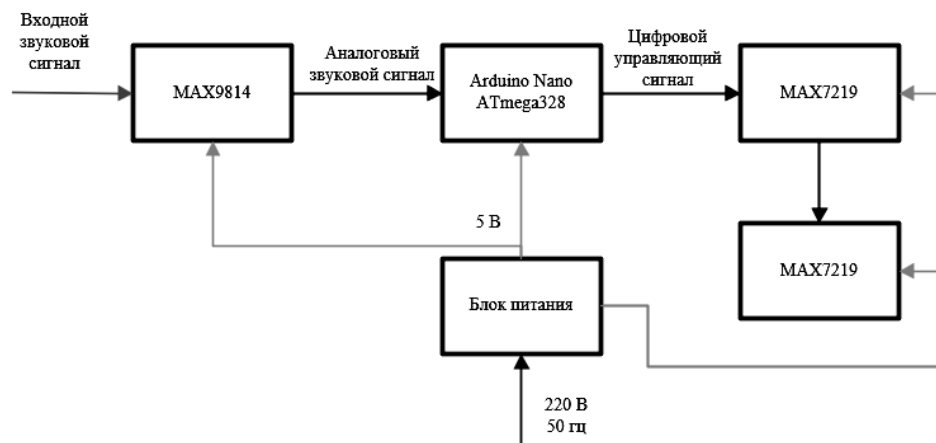


Рис 1. Структурная схема экспериментального макета.

В результате на базе Arduino NANO разработана модель спектроанализатора звукового сигнала с применением БПХ, позволяющего в режиме реального времени вычислять и строить на светодиодном матричном дисплее спектр входного аналогового звукового сигнала. Данный прибор предназначен для упрощения настройки акустического оформления студии или безэховой камеры.

Литература

1. Гундина, М. А. Спектральный анализ сигнала в системе Wolfram Mathematica / М. А. Гундина // Наука и техника. – 2021. – Т. 20. – № 2. – С. 173 – 178. – Режим доступа: <https://sat.bntu.by/jour/article/download/2433/2122>.
2. Выдрин, Д. Ф. Быстрое преобразование фурье в цифровой обработке сигналов / Д. Ф. Выдрин, Ю. Р. Абзалилова, А. К. Вдовин // Теория и практика современной науки. – 2017. – № 2 (20). – С. 1 – 5. – Режим доступа: <https://docplayer.com/62382243-Bystroe-preobrazovanie-fure-v-cifrovoy-obrabotke-signalov.html>.
3. Матвеев, Ю. Н. Цифровая обработка сигналов. – СПб: СПбНИУ ИТМО, 2013. – 166 с. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/256403519_Cifrova_a_obrabotka_signalov_uchebnoe_posobie_Digital_Signal_Processing_Tutorial.
4. Брейсуэлл, Р. Преобразование Хартли / Р. Брейсуэлл. – Москва: Мир, 1990. – 175 с. – Режим доступа: http://tka4.org/materials/lib/Articles-Books/Numerical Algorithms/ Hartley_Trasform/HartlyTransform.pdf.
5. Аверченко, А. П. Оценка выигрыша вычислительных затрат

преобразования Хартли перед преобразованием Фурье / А. П. Аверченко, Б. Д. Женатов // Омский научный вестник. – 2015. – № 2 (140). – С. 190 – 194. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/15898796.pdf>.

6. Павлов, А. Цифровой анализатор спектра / А. Павлов. – 2019. – Режим доступа: <https://vadym388.wixsite.com/piclab/forum/razrabotki-studentov/cifrovoy-analizator-spektra>.