

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИНТЕЗАТОРА МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Лавинецкая П.В., Протасевич А.В., Бельский К.Ю., студенты

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

Порхун М.И. – маг. техн. наук, старший преподаватель

В работе рассматривается реализация системы синтеза музыкальных инструментов на основе таблично-волнового метода (wavetable synthesis). В качестве аппаратной платформы выбран микрокомпьютер Raspberry Pi, обеспечивающий необходимую вычислительную мощность для обработки цифровых аудиосигналов в реальном времени. В ходе работы реализовано программное управление синтезом с использованием MIDI-интерфейса.

Синтез музыкальных инструментов представляет собой процесс формирования звуковых сигналов, имитирующих тембры реальных инструментов или создающих новые звуковые структуры. Одним из наиболее эффективных методов цифрового синтеза является сэмплирование, при котором звук формируется на основе заранее записанных фрагментов (сэмплов), хранящихся в виде таблиц волновых форм. Такой подход позволяет достичь высокой реалистичности звучания при сравнительно невысоких вычислительных затратах.

Структурная схема устройства представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура разработанного устройства

В качестве программной основы синтеза используется движок FluidSynth [2], выполняющий функции генерации и обработки звуковых сигналов. Источником тембров являются банки звуков формата SoundFont (.sf2), представляющие собой структурированные наборы сэмплов с параметрами их воспроизведения [5].

Взаимодействие пользователя с системой осуществляется через полноразмерный MIDI-контроллер M-Audio Keystation 88 МК3 [3], подключенный по интерфейсу USB-HID. Выбор данного устройства обусловлен наличием 88 клавиш с динамической чувствительностью (velocity), что критически важно для корректного синтеза фортепианных тембров и управления артикуляцией звука.

Программная логика устройства разработана на языке Python. Для захвата, фильтрации и маршрутизации входящего MIDI-потока использована специализированная библиотека Mido [4]. Скрипт в реальном времени анализирует события нажатия клавиш, работу колес Pitch Bend и Modulation, после чего транслирует их в команды для синтезатора.

Ниже приведен обобщенный алгоритм работы системы:

1. Инициализация системы (загрузка SoundFont, запуск синтезатора, настройка MIDI).
2. Приём MIDI-сообщений от контроллера.
3. Декодирование параметров (нота, сила нажатия, управляющие команды).
4. Генерация аудиосигнала на основе соответствующих сэмплов.
5. Вывод звука через аудиоустройство в реальном времени.

Разработанная система обеспечивает воспроизведение широкого спектра музыкальных инструментов, высокое качество звучания и низкую задержку отклика. Использование платформы Raspberry Pi позволяет реализовать компактное и энергоэффективное решение, сопоставимое по функциональности с коммерческими цифровыми синтезаторами.

Управление параметрами синтезатора (рисунок 4, а) реализовано через консольный интерфейс. Выбор группы инструментов осуществляется переключением пресетов с помощью клавиш 1–6 на клавиатуре ПК. В окне терминала в реальном времени отображается лог инициализации системы: запуск звукового движка FluidSynth, путь к загруженному банку SoundFont и статус подключения MIDI-контроллера Keystation 88 МК3.

При смене инструмента в консоль выводится уведомление с названием активного тембра (например, "GRAND PIANO"), что позволяет визуально контролировать состояние системы без использования графической оболочки. Общий вид собранного аппаратно-программного комплекса на

базе Raspberry Pi представлен на рисунке 4, б. Данная конфигурация обеспечивает минимальную задержку звука и высокую стабильность работы за счет отсутствия лишних графических процессов.

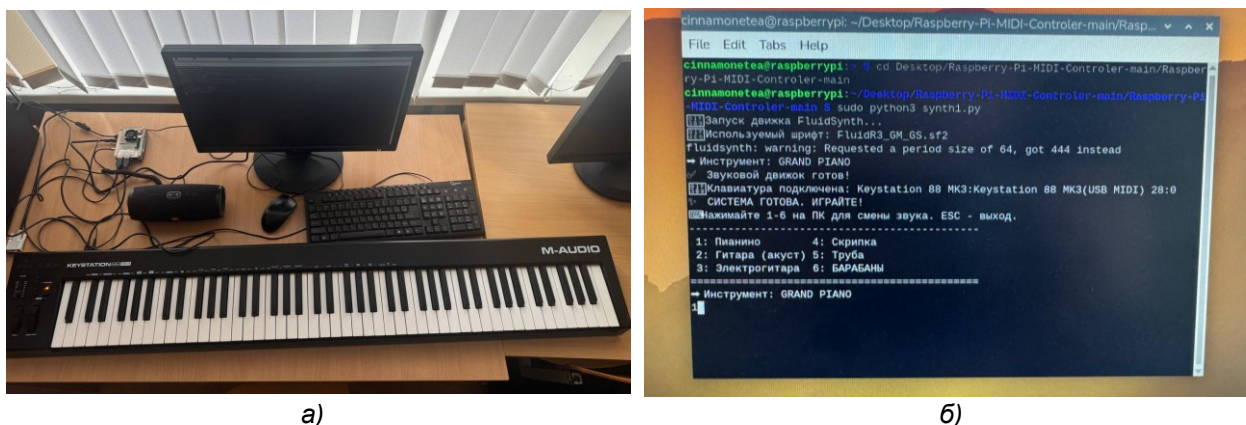


Рисунок 2 – Программная и аппаратная реализация: а) общий вид аппаратно-программного комплекса в сборе б) консольный интерфейс управления с текстовым меню выбора инструментов.

В ходе работы была успешно реализована система программного управления синтезом музыкальных инструментов на базе микрокомпьютера Raspberry Pi. Макетирование подтвердило, что использование движка FluidSynth в сочетании с языком программирования Python и библиотекой Mido позволяет достичь высокого качества звучания и минимальной задержки при обработке аудиосигналов в реальном времени.

Разработанный консольный интерфейс обеспечил стабильную работу системы и удобную навигацию между пресетами инструментов. Интеграция с профессиональным MIDI-контроллером M-Audio Keystation 88 MK3 позволила реализовать полноценную динамическую чувствительность клавиш (velocity) и управление эффектами через Pitch Bend и Modulation, что критически важно для выразительного исполнения. Применение SoundFont-технологии сделало систему универсальной, позволяя быстро расширять библиотеку тембров без изменения программного кода.

Таким образом, созданный аппаратно-программный комплекс является компактной, энергоэффективной и бюджетной альтернативой коммерческим цифровым синтезаторам, обеспечивая при этом гибкость настройки и высокую производительность, достаточную для использования в образовательных и творческих целях.

Список использованных источников:

1. Описание платформы Raspberry Pi [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.raspberrypi.com/documentation/>
2. Документация программного синтезатора FluidSynth [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fluidsynth.org/api/>
3. Спецификация MIDI-контроллера M-Audio Keystation 88 MK3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.m-audio.com/keystation-88-mk3>
4. Работа с MIDI в Python при помощи библиотеки Mido [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mido.readthedocs.io/>
5. SoundFont 2.04 Technical Specification [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.swatit.de/pdfs/sfont2.pdf>