

УДК 004.357

**МИНИАТЮРНЫЙ ЧАСТОТНО-МОДУЛЯЦИОННЫЙ ЗВУКОВОЙ СИНТЕЗАТОР**

Студент гр. ИУ4-41М (магистрант) Закерничный И. В.

Д-р техн. наук, профессор Семенцов С. Г.

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

Метод синтезирования звука с использованием частотной модуляции (ЧМ) был изобретен и запатентован в 70-х годах прошлого века [1]. Он широко применялся в музыкальных инструментах и звуковых адаптерах персональных компьютеров (ПК) несколько десятилетий. За это время было создано немало художественных произведений для конкретных интегральных схем (ИС) ЧМ-синтеза. В настоящее время для воспроизведения таких композиций на современных ПК в основном применяются программные методы (эмуляция). Используемое для этого программное обеспечение (ПО) разрабатывается лишь на основе имеющейся в свободном доступе документации и обратной разработке ИС, из-за чего возникают проблемы с точностью эмуляции, отсутствующие при аппаратном синтезе [2].

Одной из самых распространенных ИС ЧМ-синтеза является УМ2608, решения для использования которой с современными ПК уже представлены на рынке. Их объединяет высокая стоимость, большие габариты и невозможность получения отсчетов цифрового аудиосигнала напрямую от ИС [3; 4]. Последний недостаток обусловлен нестандартной частотой дискретизации ИС, что не позволяет без изменений передавать аудиоданные по существующим цифровым аудиоинтерфейсам. В одном из решений применена передискретизация [4], которую автор ранее предлагал использовать в системе, решающей другие проблемы аналогичных устройств [5]. Однако в современных условиях использование стандартных цифровых аудиоинтерфейсов и, как следствие, передискретизации необязательно. Для прослушивания в реальном времени достаточно аналогового аудиовыхода, а цифровые данные могут поступать на ПК в неизменном виде и обрабатываться программно. Следовательно, единственными обязательными требованиями к звуковому синтезатору на базе ИС ЧМ-синтеза являются аналоговый выход, управляемость современным ПК и возможность вывода цифровых аудиоданных на него.

Автором разработан миниатюрный звуковой синтезатор на базе ИС УМ2608 (развитие ИС УМ2608) [6] с интерфейсом универсальной последовательной шины (USB). Устройство состоит из ИС ЧМ-синтеза, логики синхронного сброса и тактового генератора ИС ЧМ-синтеза, ИС микроконтроллера (МК) и ИС цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) со встроенным усилителем. Малые габариты компонентов системы позволяют поместить ее в форм-фактор USB-накопителя и разместить с противоположной USB-разъему стороны 3,5 мм разъем для наушников. В качестве микроконтроллера используется ИС семейства ATSAM21, отличающаяся низкой стоимостью, достаточной вычислительной мощностью для возлагаемых задач и наличием интерфейсов USB, I<sup>2</sup>S и I<sup>2</sup>C [7].

ПО МК осуществляет получение управляющих данных с ПК и отправку цифровых аудиоданных на ПК по USB, управление ИС ЧМ-синтеза [8] и получение с нее цифровых аудиоданных по I<sup>2</sup>S, а также управление громкостью ИС ЦАП по I<sup>2</sup>C. Система представляется ПК композитным USB-устройством, состоящим из классов аудиоустройства и устройства для взаимодействия с человеком (HID), при этом установка дополнительных драйверов не требуется. Класс HID реализует протокол, совместимый с ПО «c86ctl», являющимся посредником между синтезатором и прикладным ПО. ПО «c86ctl» совместимо с существующими синтезаторами и поддерживается множеством прикладных программ, что повышает актуальность и применимость разработанного автором устройства [9].

**Литература**

1. Method of synthesizing a musical sound [Electronic resource]: pat. US 4018121 / John M. Chowning. – Publ. date 19.04.1977. – Mode of access: <https://patents.google.com/patent/US4018121A/en>. – Date of access: 26.02.2024.
2. FMGEN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://retropc.net/cisc/sound/>. – Дата доступа: 26.02.2024.
3. C86BOX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://c86box.com/>. – Дата доступа: 26.02.2024.

4. G.I.M.I.C. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gimic.jp/>. – Дата доступа: 26.02.2024.

5. Закерничный, И. В. Проблема передискретизации в звуковых генераторах / И. В. Закерничный, А. Ю. Ключкий // Технические средства защиты информации: тезисы докладов XX Белорусско-российской научно-технической конференции, Минск, 7 июня 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол.: Т. В. Борботько [и др.]. – Минск, 2022. – С. 45.

6. Yamaha LSI Data Book Ongen-hen: Detabukku Ongen-hen Catalog No. 7610002 1994.10. – Yamaha Corporation, 1994. – P. 2-111–2-134.

7. SAM D21/DA1 Family Low-Power, 32-bit Cortex-M0+ MCU with Advanced Analog and PWM: Complete Datasheet. – Microchip Technology Inc., 2020. – 1115 p.

8. Закерничный, И. В. Метод управления звуковыми синтезаторами / И. В. Закерничный // Радиотехника и электроника: сборник тезисов докладов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, апрель 2022 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2022. – С. 84–86.

9. C86CTL FM Sound Chip Control Library for G.I.M.I.C / C86BOX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/honet/c86ctl>. – Дата доступа: 26.02.2024.

УДК 616.24-073.43:534.7:615.47

### СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОНТРОЛЯ ПЕРИОДА ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦИКЛА ПРИ ВОЗДУШНОЙ И КОСТНОЙ ПРОВОДИМОСТИ АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Студенты гр. 11302220 Занько А. И., Борисенок Р. А., Валай М. А.

Кандидат техн. наук Богдан П. С., кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В ряде случаев необходимо производить круглосуточный мониторинг дыхания человека. Проведение таких исследований по традиционной методике, т. е. с использованием микрофона при воздушной проводимости затруднительно. Поэтому в качестве альтернативы была исследована возможность получения акустического сигнала посредством костной проводимости, т. е. со стационарным контактом микрофона с поверхностью тела.

Звуки дыхания испытуемого были записаны в покое и после физической нагрузки в виде 15 приседаний. Для записи использовались два смартфона одинаковой модели. Запись двумя смартфонами производилась одновременно. Для исследования воздушной проводимости первый смартфон был удален на 50 мм от носа, а второй контактировал с подключичной ямкой.

Результаты одновременной записи аудиограмм и пространственно-временных распределений сигнала до и после физической нагрузки с использованием воздушной и костной проводимости одинаковыми записывающими устройствами представлены на рис. 1.

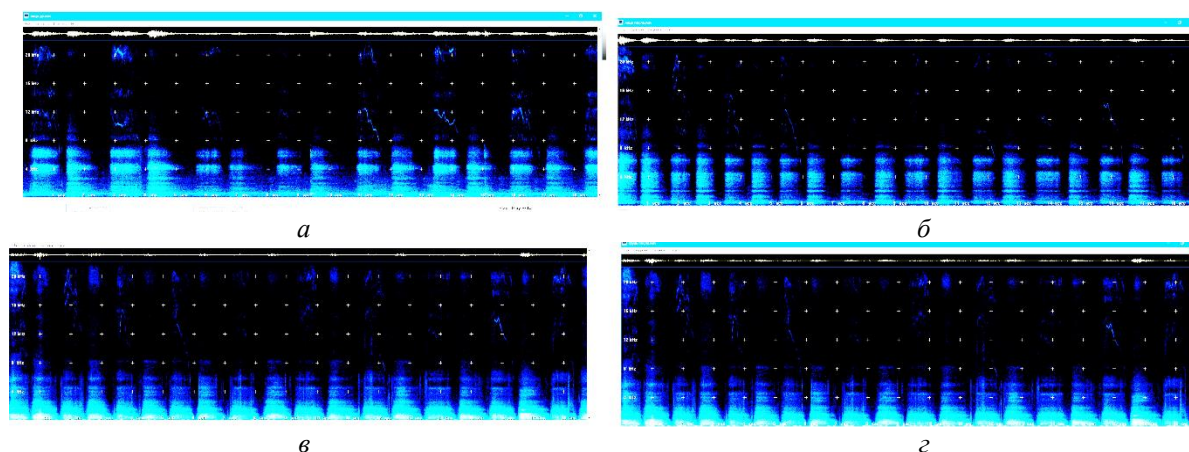


Рис. 1. Аудиограммы (сверху) и пространственно-временные распределения сигнала (снизу) до (а) и после (б) физической нагрузки с использованием воздушной проводимости, то же (в) и (г) с использованием костной проводимости

Обработка звуков дыхания осуществлялась в программах *Gram*, *Microsoft Excel*. В результате обработки было установлено, что при костной проводимости средние значения периода