

РЕГИСТРАЦИЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ЦИФРОВОМ ДИКТОФОНЕ

Тагильцев А.А., Черанев М.Ю., Гончаров Р.А., Швецов Г.П.

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, г. Владивосток
atagiltsev@poi.dvo.ru*

Наряду с применяемыми в практике океанологических наблюдений стандартными методами, реализуемыми с использованием специализированной измерительной аппаратуры, для получения более качественной и полной информации о среде требуются автономные приборы, обеспечивающие возможность мониторинга гидрофизических характеристик в ключевых точках акваторий. Возможность сетевой организации их применения в морских экспериментах на больших площадях или протяженных акустических трассах, предполагает необходимость решения вопроса о снижении себестоимости, как самих приборов, так и процесса постановки их в море. В последние годы наблюдается растущий спрос на недорогие, энергоэффективные и многофункциональные акустические и гидрофизические устройства, обеспечивающие в натуральных экспериментах и мониторинге среды сбор данных без потерь [1–3].

В настоящее время хранение информации в автономных измерительных системах реализуется, как правило, применением микросхем твердотельной памяти (ППЗУ) или функционально законченных устройств на основе микросхем ППЗУ. Весьма эффективны для небольших объемов и невысокой скорости записи микросхемы флэш-памяти. Они имеют небольшую стоимость и просты в использовании. Микросхемы флэш-памяти NAND, основной технологии которых является полевой транзистор с плавающим затвором, позволяют в одной ячейке хранить до 4 бит данных, при этом флэш-память NAND обеспечивает высокую скорость чтения и записи (десятки Мбайт/с), а также большой объем памяти (порядка Гбайт). Вместе с тем, использование одиночных микросхем связано со значительными трудозатратами разработчика: организация бесконфликтной процедуры запись/чтение, локализа-

цию «битых» страниц и пр. [4]. Устройства на основе энергонезависимой флэш-памяти NAND широко используются в бытовой электронике - в таких гаджетах, как цифровые камеры, смартфоны, планшеты и ноутбуки. В автономных комплексах, как правило, используют SD-карты с флэш-памятью по технологии NAND. Однако, при всех достоинствах этого метода хранения данных - высокая скорость записи, большая емкость - надежность работы SD-карты довольно низкая, особенно в условиях наличия агрессивной среды при выполнении работ в море.

В ТОИ ДВО РАН разработан образец автономного регистратора с использованием в составе готовых электронных блоков, в котором запись данных осуществляется на цифровой диктофон. Перед авторами стояла задача записи и хранения аудио и гидрофизических данных на одном запоминающем устройстве в экспериментах с постановкой прибора на глубинах шельфа [5]. Технический результат - расширение функциональных возможностей автономного гидроакустического регистратора с цифровым диктофоном при одновременном упрощении конструкции и стоимости изготовления - реализован на базе бюджетного варианта диктофона, когда на отдельные каналы выполняется запись и акустической, и гидрофизической информации. На рис.1 приведена структурная схема автономного регистратора, на которой показан канал записи гидрофизических данных на цифровой диктофон, однако, аналогичный канал, при необходимости, может быть подключен также к другому входу вместо гидрофона.

Подключение гидрофизических датчиков к входам АЦП производится через устройства согласования для выравнивания входных/выходных импедансов и цепи аналоговой коммутации. Значения датчиков оцифровываются 16-разрядным АЦП и посредством микроконтроллера 16-разрядные значения датчиков преобразуются в последовательный 8-битный код, соответствующий стандарту UART (NRZ-код).

Дифференциальный преобразователь убирает постоянную составляющую этого кода, и полученная последовательность записывается на второй канал диктофона (рис. 2).

Следует заметить, что, ограничения на количество подключаемых дополнительных гидрофизических датчиков связаны только с организацией работы выбранного аналого-цифрового преобра-

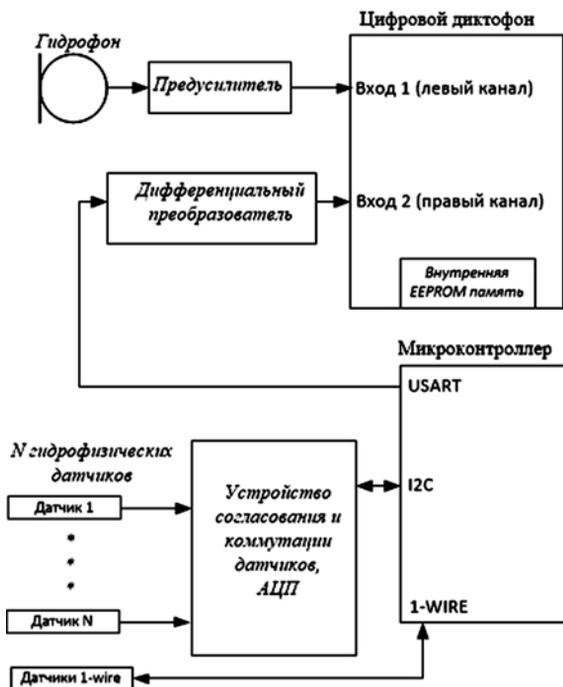


Рис. 1. Структурная схема автономного регистратора с цифровым диктофоном

зователя – количеством входов АЦП, количеством каналов в аналоговом коммутаторе. Также в данном варианте есть возможность подключения серии гидрофизических датчиков с однопроводной организацией аппаратного интерфейса непосредственно к микроконтроллеру (например, далласовские датчики температуры). Проблема межканального влияния на акустический канал решается выбором уровня сигнала информационного гидрофизического потока – минимально низким, но достаточным для его последующего декодирования, например соотношение сигнал/шум может быть в

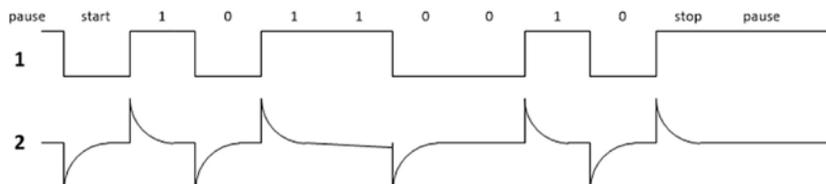


Рис. 2. Эпюры, поясняющие работу дифференциального преобразователя, где: 1 – NRZ-код, 2 – запись на дорожке диктофона

области 10 дБ. Также важен выбор модели цифрового диктофона с малым межканальным взаимодействием - у современных диктофонов этот параметр находится на уровне -80дБ. Достоинством данного технического решения является отсутствие внешней SD-карты – вся необходимая информация записывается во внутреннюю память диктофона. Синхронизация информационных потоков происходит в момент включения/выключения питания.

Способы декодирования записанной гидрофизической информации можно разделить на два типа: аппаратный и программный. Аппаратный способ заключается в повторном пропуске записи через устройство, содержащее компаратор, генератор, схему сравнения, драйвер линии и восстанавливающее последовательный код, готовый для подачи на СОМ-порт компьютера. Программный способ реализует функционалы, описанные выше на языке программирования. Очевидным достоинством данного метода является гибкость и точность настройки виртуальных функционалов,

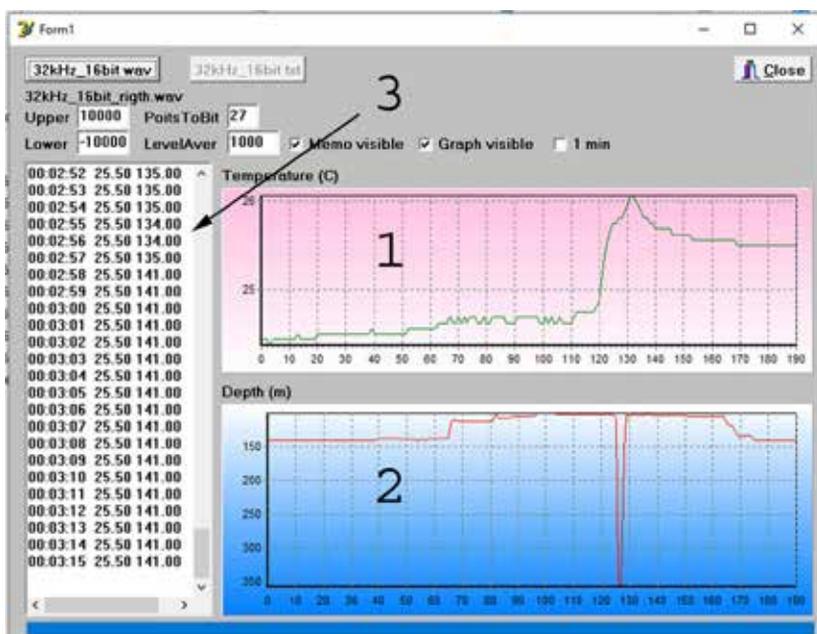


Рис. 3. Скриншот программы, декодирующей гидрофизические данные, где: 1 – графическое представление хода температуры, 2 – изменение глубины (код), 3 – таблица численных значений температуры и глубины (код)

он применим ко всем типам цифровых данных и скорость декодирования зависит только от возможностей ПК. На рис. 3 приведен скриншот одной из программ, производящих декодирование файла, записанного диктофоном в формате WAV.

Разработанный и реализованный в составе автономного регистратора канал записи на диктофон цифровых данных, получаемых от датчиков различного назначения, позволяет получить и сохранить комплекс исходной информации, используемой для гидрофизической аттестации акваторий, а также для совершенствования применяемых численных и имитационных моделей условий распространения звука на акустических трассах.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы «Разработка методологии исследования сложных акустических систем и сред», регистрационный номер: 124022100075-6.

Литература

1. Rong Wang, Yuehai Zhou, Xiaoyu Yang, Feng Tong and Jianming Wu. Design and Implementation of a Multi-Function Hydrophone for Underwater Acoustic Application // *J. Mar. Sci. Eng.* 2023. 11(11). 2203. <https://doi.org/10.3390/jmse11112203>.
2. Дмитриев К.В. Разработка и испытания распределенной системы регистрации гидроакустических сигналов // XXXII сессия Российского акустического общества, Москва, 14-18 октября 2019 г. С. 367-372.
3. Пивоваров А.А., Ярошук И.О., Долгих Г.И., Швырев А.Н., Самченко А.Н. Автономный акустический регистратор и его применение в составе гидрофизического комплекса // ПТЭ 2021. № 3. С. 123-128.
4. <https://www.micro-semiconductor.com/datasheet/e4-MT29F8G08AAAWP-A-TR.pdf>.
5. Тагильцев А.А., Черанев М.Ю., Гончаров Р.А. Автономный гидроакустический регистратор // *Подводные исследования и робототехника.* 2022. № 4 (42). С. 89-94.