

МОДУЛЬ СОПРЯЖЕНИЯ ДАТЧИКОВ ПОГРУЖАЕМОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРФЕЙСА MODBUS

А. Л. Оленин

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36,
e-mail: olenin.al@ocean.ru*

Представлена функциональная схема модуля сопряжения датчиков погружаемого измерительного гидрологического комплекса, обладающего определенными функциональными преимуществами. Он состоит из комплекта контроллеров интерфейсов и протоколов RS-232 в Modbus, собирающих данные с датчиков по интерфейсам RS232. Контроллеры выполняют преобразование интерфейса RS232-RS485, преобразование протокола и скорости обмена различных цифровых датчиков в единый протокол Modbus. Контроллеры реализованы на основе широко распространенных готовых микроконтроллерных плат. Контроллеры присоединены к шине Modbus RTU на основе электрического двухпроводного интерфейса RS485. Данные из Modbus-регистров контроллеровчитываются мастером сети, в качестве которого может выступать, например, интерфейсное программное обеспечение судового компьютера, оператора комплекса с привязкой времени к текущему времени операционной системы. Спроектирован и изготовлен действующий макет модуля для интеграции датчиков с целью обеспечения фоновых гидрофизических измерений при подводной рекогносцировочной съемке в прибрежных водах, представлены его упрощенная электрическая схема и внешний вид. Реализуется подключение дополнительных датчиков за счет добавления новых контроллеров в сеть. Возможно подключение готовых измерительных устройств с интерфейсом Modbus RS485 сторонних производителей. Модуль входит в состав зондирующей аппаратуры с аккумуляторным питанием и используется в текущих морских экспедиционных работах ИО РАН.

Ключевые слова: гидрологический комплекс, Modbus, датчик, система сбора данных, парсинг данных, двухпроводная шина

Введение

Основа современного погружаемого измерительного комплекса – это центральный контроллерный блок, обеспечивающий сбор данных от датчиков, их предварительную обработку и дальнейшую трансляцию по кабель-тросовой линии. Блок может быть выполнен и как автономный логгер данных. Исторически использовались центральные блоки с подключаемыми к ним аналоговыми датчиками. Эти блоки имеют однопроводный интерфейс связи с судовым блоком управления. Такой интерфейс позволяет получать измерительную информацию в реальном времени, а также, например, подавать разовые команды на открытие батометров в соответствующих кассетах.

Подобная аппаратура представлена в известных монографиях ([Левашов, 2003](#); [Смирнов, 2005](#)). Однако все больше датчиков имеют цифровой интерфейс связи, как правило, RS232, что обеспечивает передачу большого количества измерительных и служебных параметров без помех. Цифровые интерфейсы становятся стандартным решением, аналоговые – неудобны в использовании. Поэтому архитектура центральных блоков несколько видоизменяется. При использовании интерфейса Ethernet, транслируемого на погружаемый комплекс по кабелю или через оптико-волоконную линию, возможна прямая передача линий RS232 каждого датчика через виртуальные СОМ-порты типа MOXA (NE-4100 Series, 2025) на судовой компьютер оператора, где и производится сбор данных датчиков. Недостатком преобразователей RS232-Ethernet типа MOXA является их сравнительно большое энергопотребление. Основное ограничение применения Ethernet – это необходимость использования специальных груzonесущих подводных кабелей (кабель-тросов) с двумя витыми парами с широкой полосой пропускания (или коаксиальный кабель) и ограничение заявленной максимальной длины сегмента в 100 м, что, как минимум, ограничивает рабочую глубину погружаемого оборудования.

Возможна организация сбора и обработки данных центральным блоком с одним контроллером, при этом количество подключаемых датчиков заранее заложено в конструкции. Например, так организован логгер X3-SUB (X3-SUB., 2025) однако его применение ограничено избыточной стоимостью и невозможностью наращивания количества подключаемых датчиков.

Более гибкое решение применено в унифицированной аппаратно-программной платформе системы управления автономных подводных профилирующих аппаратов ([Кочетов и др., 2018](#)). Здесь разработан программный фреймворк системы управления подводного аппарата, состоящий из отдельных модулей, обеспечивающих его функционирование. Среди них выделяется модуль опроса измерительных датчиков, который позволяет подключать до 31 датчика.

Наиболее близким не только программным, но и аппаратным решением для организации современного центрального блока является SeaGuardII platform фирмы Aanderaa ([SeaGuard., 2025](#)). Это подводный логгер с возможностью подключения датчиков с интерфейсами RS-232 или AiCap (модифицированный CAN-интерфейс). Применение CAN-интерфейса дает возможность легко наращивать количество подключаемых по нему адресуемых датчиков, при этом их число лимитируется фактически суммарно потребляемым ими током питания. Логгер выполнен в прочном корпусе и имеет фиксированное количество разъемов для подключения датчиков. Логгер может как собирать данные на внутреннюю память, так и передавать их на системы верхнего уровня.

Нам требовалось более простое в реализации решение, позволяющее конфигурировать центральный блок компактного погружаемого комплекса с нужным числом портов RS232 для датчиков, дискретными выходами для управления нагрузкой в зонде и дискретными входами для контроля датчиков с дискретными выходами. Собираемая информация датчиков может транслироваться через кабельную линию связи

на судовой компьютер оператора или на встроенный логгер. Желательно использовать распространенные типы микроконтроллеров, распространенные интерфейсы и доступные среды разработки программного обеспечения.

Функциональная схема модуля сопряжения

Базой для описываемого модуля явился разработанный ранее автором модуль управления, сбора и обработки данных ([Оленин, 2012](#)). В этой разработке несколько нормализующих контроллеров, принимающих данные от датчиков по интерфейсам RS232, опрашиваются центральным контроллером по приборной шине I2C. Один из нормализующих контроллеров получает текущее время от модуля часов реального времени RTC. Центральный контроллер формирует большую строковую посылку данных от датчиков с привязкой к реальному времени, которая может быть передана по кабельной линии.

В предлагаемом модуле применена шина Modbus RTU на основе электрического двухпроводного интерфейса RS485 (одна витая пара). Modbus – коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер». Он разработан фирмой Modicon для использования в ее контроллерах с программируемой логикой. Широко применяется в промышленности для организации связи между электронными устройствами, а также в океанологических приборах для передачи по многопроводным кабелям и судовых сетях для приборов, работающих по протоколу NMEA ([Как общаются.., 2025; Modbus over Serial.., 2025](#)).

Функциональная схема модуля представлена на рисунке 1. Здесь приведен вариант для работы с четырьмя различными цифровыми датчиками, двумя дискретными выходами и двумя дискретными входами (управление нагрузками и съем входных дискретных сигналов). Контроллеры интерфейсов и протоколов K1, K2, K3, K4 обеспечивают информационный обмен, каждый с подключенным к нему соответствующим датчиком (у каждого датчика свои скорость и протокол обмена данными). Выходные строки датчиков, как правило, наряду с полезной измерительной информацией содержат большое количество служебных данных. В результате требуется выделять нужные данные в процессе парсинга строк, что удобно выполнять контроллерами. Нужные в последующем данные выделяются и сохраняются в оперативной памяти контроллеров. Все контроллеры подключены к двухпроводнойшине Modbus и могут быть опрошены по ней мастер-контроллером, представляющим для данного модуля верхний уровень информационного обмена. Такой мастер-контроллер может также выполнять функцию логгера данных и находиться в одном прочном корпусе с модулем. Мастер-контроллером также может являться устройство, находящееся на борту судна и связанное с модулем линией RS485 электрического кабель-троса, либо через оптические модемы по оптико-волоконному кабель-тросу. От контроллера K4 зависят хранение и обмен состояний дискретных выходов и входов, обеспечивающих вспомогательные функции зонда: включение освещения, контроль концевых датчиков

и т. п. Количество контроллеров K может достигать нескольких десятков, при этом оно ограничивается суммарным энергопотреблением и уменьшением скорости опроса всех датчиков.

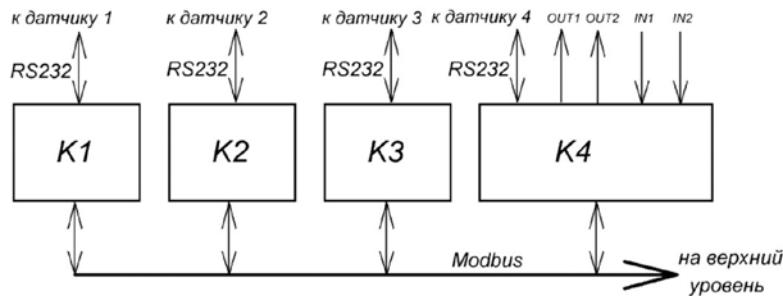


Рис. 1 – Функциональная схема модуля сопряжения датчиков

Макет модуля сопряжения

Изготовлен действующий макет модуля сопряжения датчиков с целью обеспечения фоновых гидрофизических измерений при подводной рекогносцировочной съемке в прибрежных водах. Модуль предназначен для подключения датчиков miniCTD (Teledyne Valeport Ltd), Aquadopp (Nortek Group), Oxygene Optode 4330F (Aanderaa Data Instruments), одного дискретного выхода включения подводного светильника и дискретного входа датчика затекания воды в прочный корпус. Упрощенная электрическая схема макета модуля представлена на рисунке 2.

Модуль содержит контроллеры интерфейсов и протоколов A2, A5, A8, A11, A14, при этом A11 – резервный для дополнительного датчика, а A14 используется для передачи на зонд управляющих дискретных команд и считывания дискретных входов. Контроллеры выполнены на базе широко распространенной платы Arduino NANO (Arduino., 2025). К ней через преобразователь на микросхеме MAX232 и соответствующий герморазъем прочного корпуса (X1, X2, X3, X4) подключается датчик с интерфейсом RS232. Через другой, программный, интерфейс и микросхему MAX485 организовано подключение к двухпроводнойшине Modbus RS485. Контроллер A14 считывает входные контакты IN1 и IN2 и управляет подачей напряжения на выходные контакты OUT1 и OUT2 разъема X5 через релейный блок A15. Модуль получает питающее напряжение 12 В (от встроенного аккумулятора или от DC/DC-преобразователя через питающую линию кабель-троса). Это напряжение затем преобразуется DC/DC-преобразователями в нужные для электронных компонентов 3.3В, 5В, 7В, а также передается на герморазъемы для питания датчиков. Шина Modbus RS485 выводится из модуля (транслируется витой парой в составе кабель-троса длиной до 1000 м, либо может быть преобразована для передачи через Ethernet, в том числе по оптическому волокну на большие расстояния).

Каждый контроллер программируется отдельно и является адресуемым по шине RS-485 Modbus-устройством. Подробное описание программирования контроллеров

интерфейсов и протоколов выходит за рамки данной статьи, можно только отметить, что используется стандартная среда разработки Arduino IDE с необходимыми библиотеками. Кратко изложим основные принципы, реализуемые в программном обеспечении контроллеров.

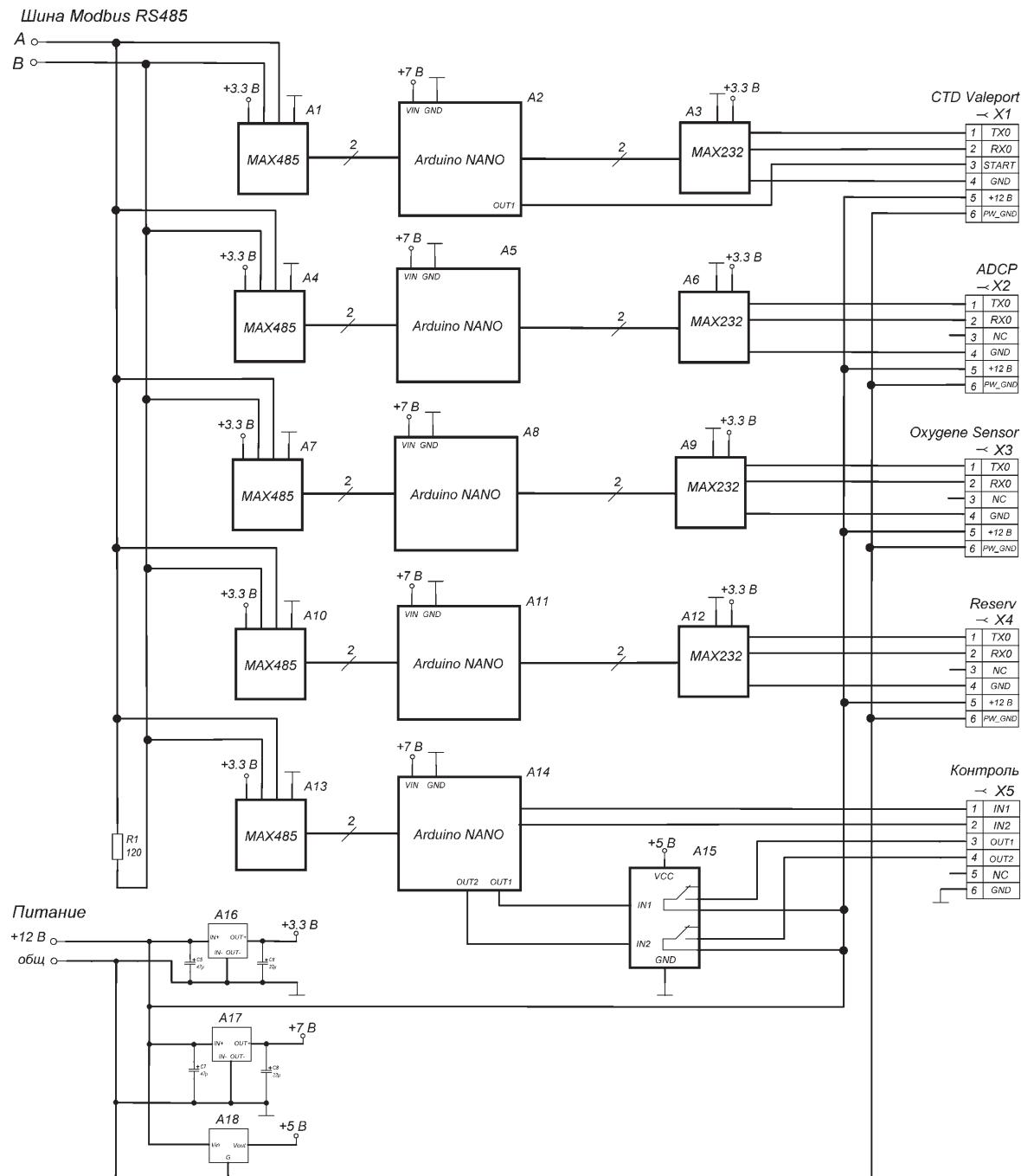


Рис. 2 – Электрическая схема макета модуля сопряжения датчиков

Контроллерами назначаются адреса Modbus с одинаковыми параметрами скорости обмена. Для этого в программе контроллера реализуются виртуальные holding-регистры (до нескольких десятков) и coil-регистры. В holding-регистрах хранятся

считанные из датчиков данные и данные дискретных входов. Отдельные биты coil-регистров управляют дискретными выходами. Алгоритм работы программы контроллера состоит из следующих основных частей:

- считывание строки данных датчика по последовательному порту RS-232 (UART) и ее запись в массив;
- выделение нужных данных из массива и запись их в holding-регистры Modbus;
- считывание coil-регистров и передача управляющих битов на дискретные выходы.

Мастер-контроллер при обращении к контроллерам A2, A5, A8 по их адресам может считать выделенные интересующие данные holding-регистров соответствующего датчика функцией 03 Modbus.

Контроллер A14 имеет holding-регистр и coil-регистр. В holding-регистр записываются биты состояния входов IN1, IN2. Он может быть считан мастер-контроллером функцией 02 Modbus. Биты управления выходами OUT1, OUT2 coil-регистра могут быть записаны функцией 05 Modbus. Цикл опроса всех датчиков – 0,1–1 сек.

Считывание и запись регистров производится мастер-контроллером по адресам каждого из контроллеров. Мастер-контроллером может быть либо контроллер-логгер погруженного устройства комплекса, либо интерфейсное программное обеспечение (ПО) ноутбука оператора комплекса с привязкой времени к текущему времени операционной системы ноутбука. Кроме того, в эту же сеть Modbus могут быть включены приемники GPS, эхолоты и т. п., имеющие такой же интерфейс связи, что значительно увеличивает возможности интеграции сложной измерительной системы.

Внешний вид макета модуля, установленного внутри прочного корпуса погружаемого устройства, показан на рисунке 3. Макет собран на кросс-плате 1, на которую установлены контроллеры интерфейсов и протоколов 2. Электрический монтаж выполнен проводом с тыльной стороны кросс-платы. Шина RS485 организована при соединением драйверов MAX485 4 на общую параллельную шину. Датчики подключаются к контроллерам через преобразователи MAX232 5 с необходимыми электронными компонентами обвязки. Модуль установлен на шасси 6 и фланец 7 прочного корпуса (сам прочный корпус снят), на рисунке также видна внутренняя часть одного из герморазъемов 8. Модуль подключен линией связи RS-485 кабель-троса через судовой блок и преобразователь RS-485/USB к ноутбуку оператора. ПО оператора подключается к Modbus через виртуальный СОМ-порт ноутбука.

В качестве ПО оператора комплекса использован проект, выполненный в SCADA-системе Trace Mode (Trace.., 2025). Она позволяет создавать исполняемые программные модули и человеко-машические интерфейсы для операторов различной распределенной промышленной автоматики с возможностью архивирования данных в форматах некоторых распространенных баз данных. Система предоставляет возможности написания внутренних программных модулей. Автор является сертифицированным инженером этой системы.

На рисунке 4 представлено ПО оператора комплекса. Здесь реализован вариант только для отображения текущего состояния измеряемых параметров из

holding-регистров соответствующих контроллеров модуля. Видны параметры CTD-датчика, датчика кислорода и амплитуды отраженных сигналов ADCP-датчика. Один из индикаторов входа DI 0 высвечивается зеленым, что показывает, что вход для теста подключен к земле. Есть Индикатор «Свет», он высвечивается зеленым при включении экранной кнопки, что показывает включенное состояние выхода, управляющего подводным светильником. Такая конфигурация была разработана для фоновых гидрологических измерений при подводной видеосъемке.

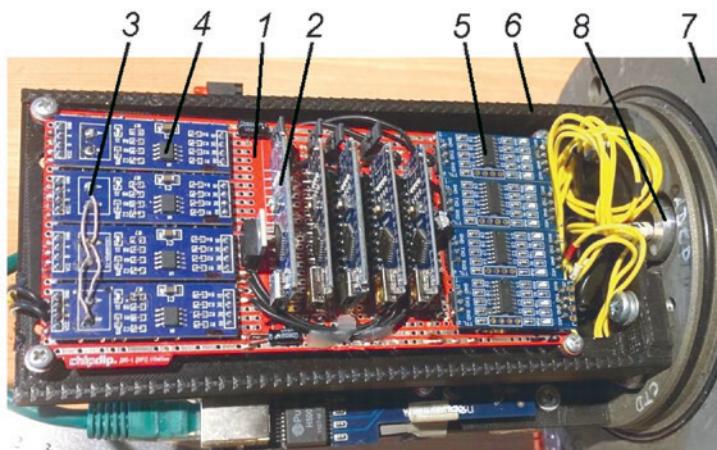


Рис. 3 – Внешний вид макета модуля сопряжения датчиков

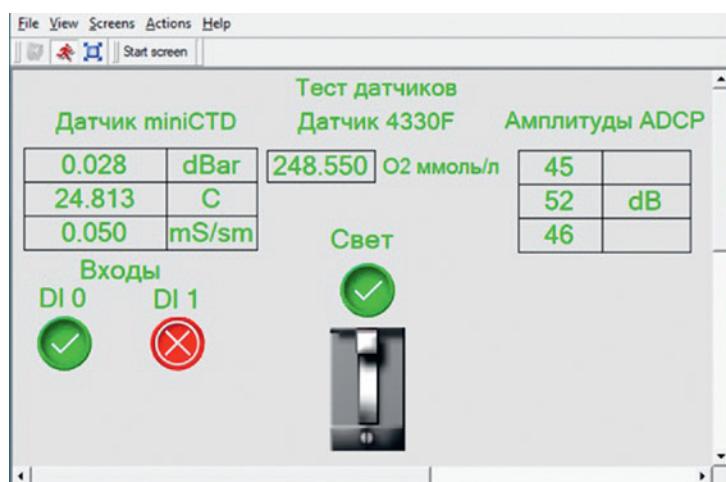


Рис. 4 – Окно ПО оператора погружаемого комплекса

Как правило, даже для датчиков, выходные строки которых содержат большое количество измеряемых величин, сами эти величины представлены всего несколькими ASCII-символами. В дальнейшем, в случае необходимости использования полученных из holding-регистров групп (строк) ASCII-символов измеряемых величин для обработки или архивирования, в SCADA-системе возможно написание для этого внутренних программных модулей.

Заключение

Лабораторные испытания показали, что созданный модуль сопряжения датчиков работоспособен и прост в отладке. Его новизна заключается в использовании для погружаемых океанологических комплексов модуля сопряжения датчиков на основе комплекта легко интегрируемых на базе шины Modbus доступных однотипных микроконтроллерных плат, каждая из которых обслуживает отдельный датчик или исполнительные устройства, что потенциально позволяет создать систему сбора данных от большого числа датчиков при невысокой ее стоимости.

Шинная организация упрощает присоединение к зондирующему устройству других датчиков за счет добавления новых контроллеров интерфейсов в сеть. Кроме того, возможно подключение готовых измерительных устройств с интерфейсом Modbus RS485 сторонних производителей, нужно лишь корректно составить таблицу их адресов в получившейся сети. Отладка работы с конкретным датчиком сводится к программированию одной платы Arduino NANO, важно лишь соблюдать правильность адресации контроллеров.

Погружаемый комплекс с видеокамерой и набором датчиков использовался нами для подводной рекогносцировочной видеосъемки до глубины 42 м, выполненной в сентябре 2025 г. на Телецком озере, Республика Алтай. Модуль был установлен в блоке управления видеокамерой, снабженным датчиком глубины, CTD-зондом, подводным светильником и дискретным датчиком затекания прочного корпуса. Оператор вел подводную видеосъемку, получая информацию о глубине, текущих CTD-параметрах и управляя освещением, используя ноутбук.

Отметим, что некоторым недостатком и ограничением модуля в силу примененной последовательной симплексной связи является уменьшение скорости опроса датчиков при их большом числе, особенно при использовании датчиков с большими выходными пакетами данных. Это следует учитывать при определении конкретного набора датчиков и скорости интерфейса RS-485. В дальнейшем предполагается создание компактного конструктивного решения модуля с применением более экономичных микроконтроллеров.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН тема FMWE-2024-0024 («Методы и средства океанологических наблюдений для исследования природных и техногенных подводных объектов и экологии в гидросфере: разработка технологий многопараметрического сканирования подводных сред и объектов автономными и привязными зондами и профилографами»).

Список литературы

1. Кочетов О. Ю., Островский А. Г., Волков С. В., Ольшанский В. М. Унифицированная аппаратно-программная платформа системы управления автономных подводных профилирующих аппаратов // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 1 (25). С. 59–66. EDN: [UTGUCG](#)
2. Левашов Д. Е. Техника экспедиционных исследований: инструментальные методы и технические средства оценки промыслового значимых факторов среды. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2003. 400 с. EDN: [HVJRKX](#)
3. Оленин А. Л. Многоканальный комплекс для разработки новых океанологических измерительных каналов: специальность 25.00.28 «Океанология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Оленин Антон Леонидович. Москва, 2012. 24 с. EDN: [QFYNNIN](#)
4. Океанология: средства и методы океанологических исследований / Ред. Г. В. Смирнов и др.; Междунар. ассоц. Акад. наук, Рос. акад. наук, Нац. акад. наук Украины. Москва: Наука, 2005. 794 с. ISBN 5-02-033669-6. EDN: [OTPCMК](#)
5. NE-4100 Series 10/100 Mbps embedded serial device servers [Электронный ресурс] <https://moxa.ru.com/moxa-ne-4100-series-datasheet-v1.3.pdf> (дата обращения 21.10.25).
6. Как общаются машины [Электронный ресурс] <https://habr.com/ru/companies/advantech/articles/450234> (дата обращения 21.10.25).
7. MODBUS over Serial Line Specification & Implementation guide V1.0 [Электронный ресурс] <https://www.modbus.org/file/secure/modbusoverseriallegacy.pdf> (дата обращения 21.10.25).
8. Arduino Hardware [Электронный ресурс] <https://www.arduino.cc/en/hardware/#nano-family> (дата обращения 21.10.25).
9. X3-SUB Submersible data logger Электронный ресурс] <https://www.nexsens.com/products/data-loggers/x3-sub-submersible-data-logger> (дата обращения 21.10.25).
10. SeaGuardII platform [Электронный ресурс] <https://www.aanderaa.com/media/pdfs/td303-seaguardii-platform-pdf.pdf> (дата обращения 21.10.25).
11. Trace Mode. In: https://ru.wikipedia.org/wiki/Trace_mode (дата обращения 21.10.25).

Статья поступила в редакцию 25.08.2025, одобрена к печати 07.11.2025.

Для цитирования: Оленин А. Л. Модуль сопряжения датчиков погружаемого измерительного гидрологического комплекса с использованием интерфейса MODBUS // Океанологические исследования. 2025. Т. 53. № 4. С. 251–261. [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(4\).14](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(4).14)

MODULE FOR INTERFACING SENSOR SUBMERSIBLE HYDROLOGICAL MEASUREMENT SYSTEMS USING A MODBUS INTERFACE

A. L. Olenin

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,
e-mail: olenin.al@ocean.ru*

A functional diagram of a modified sensor interface module for a submersible measuring hydrological complex with certain functional advantages is presented. It consists of a set of interface controllers and RS-232 protocols in Modbus that collect data from sensors via RS232 interfaces. The controllers perform the conversion of the RS232-RS485 interface, the conversion of the protocol and the exchange rate of various digital sensors into a single Modbus protocol. The controllers are implemented on the basis of widely used off-the-shelf microcontroller boards. The controllers are connected to a Modbus RTU bus based on an electrical two-wire RS485 interface. Data from the Modbus registers of the controllers is read by the network wizard, which can be, for example, the interface software of the ship computer of the complex operator with time reference to the current operating system time. An operational mock-up of the module for sensor integration has been designed and manufactured to provide background hydrophysical measurements during underwater reconnaissance surveys in coastal waters, and its simplified electrical circuit and appearance are presented. Additional sensors are being connected by adding new controllers to the network. It is possible to connect ready-made measuring devices with a third-party Modbus RS485 interface. The module is part of the battery-powered sounding equipment and is used in the ongoing marine expeditionary work of the IO RAS.

Keywords: hydrological complex, Modbus, sensor, data acquisition system, data parsing, two-wire bus

Acknowledgement: The work was carried out within the framework of the state assignment of the Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, topic FMWE-2024-0024 (“Methods and means of oceanographic observations for the study of natural and man-made underwater objects and ecology in the hydrosphere: development of technologies for multiparametric scanning of underwater environments and objects using autonomous and tethered probes and profilers”).

References

1. Kochetov, O. Yu., A. G. Ostrovskii, S. V. Volkov, and V. M. Olshansky, 2018: Unified hardware and software platform for the control system of autonomous underwater profiling devices. *Underwater research and robotics*. **1** (25), 59–66, EDN: [UTGUCG](#)
2. Levashov, D. E., 2003: *Technique of expeditionary research: instrumental methods and technical means of assessing commercially significant environmental factors*. Moscow, All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, 400 p., EDN: [HVJRKX](#)
3. Olenin, A. L., 2012: *Multichannel complex for the development of new oceanological measuring channels: specialty 25.00.28 “Oceanology”: abstract of the dissertation for the degree of candidate of technical Sciences*. Moscow, 24 p., EDN: [QFYNNIN](#)

4. *Oceanology: means and methods of oceanol. research.* Ed.: Smirnov, G. V. [et al.], International. assoc. Academy of Sciences, Russian Academy of Sciences, National Academy of Sciences of Ukraine. Moscow, Nauka Publ., 794 p., ISBN 5-02-033669-6, EDN: **OTPCMК**
5. *NE-4100 Series 10/100 Mbps embedded serial device servers.* <https://moxa.ru.com/moxa-ne-4100-series-datasheet-v1.3.pdf> (last accessed in 21.10.25).
6. *How computers communicate?* <https://habr.com/ru/companies/advantech/articles/450234> (last accessed in 21.10.25).
7. *MODBUS over Serial Line Specification & Implementation guide VI.* <https://www.modbus.org/file/secure/modbusoverseriallegacy.pdf> (last accessed in 21.10.25).
8. *Arduino Hardware.* <https://www.arduino.cc/en/hardware/#nano-family> (last accessed in 21.10.25).
9. *X3-SUB Submersible data logger.* <https://www.nexsens.com/products/data-loggers/x3-sub-submersible-data-logger> (last accessed in 21.10.25).
10. *SeaGuardII platform.* <https://www.aanderaa.com/media/pdfs/td303-seaguardii-platform-pdf.pdf> (last accessed in 21.10.25).
11. *Trace Mode.* https://ru.wikipedia.org/wiki/Trace_mode (last accessed in 21.10.25).

Submitted 25.08.2025, accepted 07.11.2025.

For citation: Olenin, A. L., 2025: Module for interfacing sensor submersible hydrological measurement systems using a MODBUS interface. *Journal of Oceanological Research*, **53** (4), 251–261, [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(4\).14](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(4).14)

采用Modbus接口的潜水式水文测量综合体传感器接口模块

A. L. Olenin

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 邮编: 117997, Russia,
电子邮件: olenin.al@ocean.ru*

本文提出了一种潜水式水文测量综合体的传感器接口模块功能框图。该综合体具备一系列功能优势。该模块由一组接口控制器构成，负责通过RS-232接口从传感器采集数据，并将其协议转换为Modbus。控制器实现了RS-232至RS-485的接口转换、协议转换，并将来自不同通信速率的数字传感器的数据统一至单一的Modbus协议。这些控制器基于广泛使用的现成微控制器板实现，并连接至基于两线制RS-485电气接口的Modbus RTU总线。

控制器Modbus寄存器中的数据由主站读取，该主站可以是集成操作员的船载计算机界面软件，其时间戳与操作系统当前时间同步。

为在沿岸水域进行水下勘测时提供背景水体物理参数测量，我们设计并制造了一个用于传感器集成的功能样机，并给出了其简化的电路图和外观。通过向网络中增加新的控制器，可实现额外传感器的连接。同时，也支持连接具备第三方Modbus RS485接口的商用测量设备。该模块是电池供电的探测设备的一部分，正应用于俄罗斯科学院海洋研究所（IO RAS）持续的海洋考察工作中。

关键词： 潜水式探测系统，Modbus，传感器，标准化控制器，数据解析，两线制总线

致谢： 本研究工作是在俄罗斯科学院海洋研究所国家任务（课题编号：FMWE-2024-0024）框架内完成的。