



Акционерное общество
Межрегиональная группа компаний
«Инновационные технологии и робототехнические системы»
АО МГК «ИНТЕХРОС»

Юридический адрес: 394026, г. Воронеж, ул. Краснодонская, 18Б, ИНН 3664050935 КПП 366201001 ОГРН 1023601561455 ОКПО 59564206 ОКВЭД 46.69.9
АО БАНК «НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ», г. Москва, р/с 40702810906000004136, к/с 30101810045250000498, БИК 044525498
тел/факс: (473) 220-43-31(многоканальный) e-mail: info@intehros.ru www.intehros.ru

Система управления «АВСУРО 2.0»

Описание функциональных характеристик программного обеспечения и информация,
необходимая для установки и эксплуатации программного обеспечения

Оглавление	
Аннотация	4
1 Общие сведения	4
2 Функциональные характеристики ПО	4
3 Описание ПО	4
4. Установка ПО	5
5 Эксплуатация ПО	5
5.1 Описание работы блока управления режимами работы	5
5.1.1 Режим «Ход»	5
5.1.2 Режим «Маршевый ход»	6
5.1.3 Режим «Реверсивное управление ходом»	6
5.1.4 Режим «Управление аутригерами»	6
5.1.5 Режим «Управление комбинированным ходом»	6
5.1.6 Режим «Управление ручным инструментом»	6
5.1.7 Режим «Управление стрелой»	7
5.1.8 Режим «Управление навесным оборудованием большой мощности»	7
5.1.9 Режим «Управление навесным оборудованием с постоянной подачей	7
5.1.10 Системная интеграция и безопасность	7
5.2 Описание работы блока управления насосами	7
5.2.1 Аппаратная архитектура и интерфейсы	8
5.2.2 Алгоритмическое ядро и функции	8
5.2.3 Адаптация под конфигурации РОИН	8
5.3 Описание работы блока управления системой охлаждения	9
5.3.1 Модуль порогового контроля	9
5.3.2 Основной модуль управления	9
5.4 Описание работы блока управления видео	9
5.5 Описание работы блока связи с ведомыми блоками	9
5.5.1 Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСП.184.220.XXX (12PO)	11
5.5.2 Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСП.184.250.XXX (8PO4AI)	12
5.5.3 Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСП.184.240.XXX (8AI8DI2FDI)	12
5.5.4 Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСП.194.310.200 (POW-4RS)	13
5.5.5 Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСП.184.333.000 (XYZ-MODULE)	14

5.5.6	Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСР.184.260.XXX (PUD AD).....	14
5.5.7	Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСР.184.270.XXX (PUD DVS)	16
5.5.8	Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСР.184.112.XXX (PDU)	16
5.5.9	Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСР.300.112.XXX (PDU)	17
5.6	Описание блок связи по радиоканалу/проводному каналу главных блоков системы управления.....	17
5.7	Описание работы блока обработки ошибок.....	18
5.7.1	Детальная классификация ошибок	19

Аннотация

Настоящий документ (далее – Описание) распространяется на программное обеспечение «АВСУРО 2.0» (далее – ПО).

Данное описание содержит основные сведения о функциональных характеристиках, описание ПО и информацию, необходимую для установки и эксплуатации. Подробная информация по работе с ПО изложена в Руководстве оператора, которое передается Заказчику совместно с ПО.

1 Общие сведения

АВСУРО 2.0 – программный комплекс системы управления промышленными монтажными гидравлическими роботами, созданный компанией АО МГК «Интехрос» с целью повышения эффективности управления машинами «РОИН». Программный комплекс состоит из нескольких подсистем: обмена данными по радиоканалу, по проводному каналу связи, прямому управлению, управлению в различных режимах работы РТК, управлению насосным агрегатом РТК, управлению силовой установкой и управлению дополнительным оборудованием.

Программное обеспечение «АВСУРО 2.0», далее по тексту ПО, разработано на языке С с использованием библиотек HAL, LL и CMSIS.

Для функционирования ПО, требуется:

- Главный блок ГСР.184.210.XXX
- Блок пульта управления ГСР.184.112.XXX или ГСР.300.112.XXX

2 Функциональные характеристики ПО

ПО представляет собой совокупность программных модулей, позволяющих функционировать системе управления роботами «РОИН» и машинами на их базе.

ПО поддерживает следующий функционал:

- обмен данными по радиоканалу между пультом дистанционного управления и центральным блоком управления «РОИН»;
- проводное управление универсальным подъемно-транспортным оборудованием РОИН;
- обмен данным между блоками управления и центральным блоком управления РОИН;
- управление двигателем внутреннего сгорания;

3 Описание ПО

Программное обеспечение представляет собой

- набор HAL библиотек от STMicroelectronics;
- набор LL библиотек от STMicroelectronics;
- блок управления режимами работы;
- блок управления насосами;
- блок управления системой охлаждения;
- блок управления видео;
- блок связи с ведомыми блоками;
- блок связи по радиоканалу/проводному каналу главных блоков системы управления;
- блок обработки ошибок.

4. Установка ПО

Пользователям поставляется готовый исполняемый двоичный код (прошивка) для целевого микроконтроллера в формате Intel HEX (файл с расширением .hex). Данный формат является стандартным представлением двоичных данных в виде структурированного текстового файла, содержащего не только машинные коды, но и информацию о контрольных суммах и адресах загрузки в память программы (Flash ПЗУ). Этот файл является конечным продуктом процесса компиляции и линковки исходного кода и готов к непосредственной загрузке в энергонезависимую память устройства с использованием программатора или встроенного загрузчика (bootloader).

Для калибровки, параметрической настройки и конфигурации аппаратной части оборудования после загрузки базовой прошивки используется специализированное программное обеспечение для конфигурирования «ROINCM». Данное ПО функционирует на персональном компьютере и взаимодействует с устройством через один из доступных аппаратных интерфейсов связи. Его основными функциями являются:

- Управление конфигурационными регистрами устройства: позволяет считывать и записывать значения в энергонезависимую память (EEPROM или Flash), где хранятся пользовательские настройки (коэффициенты, пороги срабатывания, идентификаторы, режимы работы).
- Диагностика и мониторинг: предоставляет интерфейс для отображения в реальном времени телеметрических данных с устройства (текущие измерения, состояния датчиков, статусы системы).
- Калибровка: содержит процедуры для выполнения метрологической калибровки аналоговых трактов устройства с помощью эталонных источников сигнала, включая запись полученных поправочных коэффициентов.
- Обновление прошивки: в некоторых реализациях может обеспечивать функциональность для загрузки нового .hex-файла в устройство по интерфейсу обмена данными.

Таким образом, связка статического образа прошивки (.hex) и интерактивного конфигуризатора (ROINCM) реализует гибкую архитектуру, разделяющую неизменяемое ядро системы и адаптируемые под конкретные условия эксплуатации параметры.

5 Эксплуатация ПО

5.1 Описание работы блока управления режимами работы

Данный программный модуль (драйвер) реализует логику управления исполнительными механизмами машины через обработку команд от оператора и формирование соответствующих управляющих сигналов для систем силовой электроники и гидравлики. Модуль основан на архитектуре конечных автоматов (State Machine) и поддерживает несколько независимых, но скоординированных режимов работы, каждый из которых характеризуется уникальным набором параметров, алгоритмов преобразования входных сигналов и схем защиты.

Основные режимы работы классифицируются по типу управляемой подсистемы и целям управления:

5.1.1 Режим «Ход»

Назначение: Базовое управление движением машины.

Алгоритм: Преобразование сигналов от джойстика или задатчика скорости в ШИМ-сигналы для пропорциональных клапанов ходовой гидравлики.

Параметры: Максимальная скорость, чувствительность управления, порог включения.

5.1.2 Режим «Маршевый ход»

Назначение: Оптимизированное движение по дорогам общего пользования с повышенной скоростью или по пересеченной местности на большие расстояния.

Алгоритм: Автоматическое переключение гидравлической схемы привода на пониженное усилие/повышенную скорость.

Параметры: Предельная скорость маршевого режима, условия автоматического переключения (например, скорость, вынос аутригеров), алгоритм стабилизации курса.

5.1.3 Режим «Реверсивное управление ходом»

Назначение: Обеспечение движения вперед/назад с возможностью инвертирования управления (направление движения соответствует направлению отклонения рычага, независимо от ориентации оператора).

Алгоритм: Программная инверсия каналов управления на основе сигнала от переключателя на пульте дистанционного управления.

Параметры: Карта переназначения каналов, задержка переключения для предотвращения ложных срабатываний.

5.1.4 Режим «Управление аутригерами»

Назначение: Координация выдвигания, установки и уборки опор (аутригеров).

Алгоритм: Последовательное или индивидуальное управление гидроцилиндрами с контролем по датчикам давления (контакта с грунтом) и положения. Включает автоматический цикл выравнивания машины.

Параметры: Пороговые давления для каждого аутригера, пределы хода, скорость срабатывания, последовательность операций в автоматическом цикле.

5.1.5 Режим «Управление комбинированным ходом»

Назначение: Синхронное (координированное) движение машины по железнодорожному полотну.

Алгоритм: Координация двух и более независимых контуров управления секций комбинированного хода. Распределение гидравлического потока или электрической мощности между приводами по заданному приоритету или пропорции.

Параметры: Коэффициенты распределения потока/мощности, главный приоритет, допустимая нагрузка на систему.

5.1.6 Режим «Управление ручным инструментом»

Назначение: Управление внешним гидравлическим или электрическим инструментом через интерфейсы на стреле или корпусе машины.

Алгоритм: Управление соленоидным клапаном или электроприводом с фиксированной или регулируемой мощностью. Обратная связь по давлению или току для защиты от перегрузки.

Параметры: Максимальное давление/ток для инструмента, время плавного пуска, режим работы (импульсный, постоянный).

5.1.7 Режим «Управление стрелой»

Назначение: Точное позиционирование стрелы и ее секций в пространстве.

Алгоритм: Управление пропорциональными клапанами гидроцилиндров и гидромоторов стрелы. Может включать подрежимы: подъем/опускание, вылет/завод, поворот, сложнокоординированное движение по заданной траектории.

Параметры: Карты ограничения рабочей зоны (ограничители по углу, высоте, радиусу), скорость движения в разных зонах, алгоритмы сглаживания (анти-шаттер) и компенсации нагрузки.

5.1.8 Режим «Управление навесным оборудованием большой мощности»

Назначение: Работа с оборудованием, потребляющим значительную часть мощности силовой установки (гидромолоты, мощные ножницы).

Алгоритм: Прямое управление высокопроизводительными гидрораспределителями с обратной связью по давлению в магистралях. Приоритетное выделение потока. Включает адаптивные алгоритмы, подстраивающие параметры под сопротивление материала.

Параметры: Установки пикового и рабочего давления, частота ударов (для гидромолота), алгоритм адаптации.

5.1.9 Режим «Управление навесным оборудованием с постоянной подачей»

Назначение: Обеспечение стабильного потока рабочей жидкости для оборудования, критичного к постоянству подачи (например, грунтосмесители, фрезы).

Алгоритм: Регулировка положения золотника распределителя или оборотов ДВС/насоса для поддержания заданного расхода, измеряемого датчиком потока, независимо от изменения нагрузки.

Параметры: Целевой расход (л/мин), допустимые отклонения, скорость реакции регулятора.

5.1.10 Системная интеграция и безопасность

Все режимы управляются через единый программный интерфейс (API) и могут быть активированы по командам с пульта управления по цифровым шинам данных.

Реализован механизм приоритетов и взаимных блокировок для исключения конфликтующих команд (например, блокировка хода при выдвинутых аутригерах).

Для каждого режима предусмотрен расширенный диагностический протокол, передающий на верхний уровень статус, коды ошибок и текущие параметры в реальном времени.

5.2 Описание работы блока управления насосами

Данный программно-аппаратный модуль является системным регулятором, ответственным за формирование точных управляющих сигналов (токовых или ШИМ) на пропорциональные элементы управления гидравлическими насосами. Его основная функция — преобразование абстрактных команд верхнего уровня (заданная скорость, усилие, мощность) в физические сигналы, обеспечивающие требуемое давление и расход в

гидравлическом контуре с учетом текущей конфигурации и состояния роботизированной платформы «РОИН».

5.2.1 Аппаратная архитектура и интерфейсы

Выходные каналы: модуль генерирует аналоговые токовые сигналы - низкочастотные ШИМ-сигналы с переменным заполнением для управления пропорциональными электромагнитами серво-клапанов насосов.

Входные данные: получает по внутренней шине данных, включающие целевое значение давления, расхода или мощности, а также текущие показания с датчиков давления, расхода, температуры и положения.

Конфигурационные данные: загружает из энергонезависимой памяти параметрические карты и коэффициенты, уникальные для каждой конфигурации робота «РОИН» (например, РОИН-100, РОИН-200 с различным навесным оборудованием).

5.2.2 Алгоритмическое ядро и функции

Алгоритм пересчета команд:

Основная задача — трансляция единой командной оси (0% до 100%) в конкретные значения целевого расхода для каждого насоса.

Для каждого типа робота «РОИН» существует отдельная калибровочная карта, связывающая входную команду с параметрами насоса. Карта учитывает: номинальную и максимальную производительность насоса в данной конфигурации, нелинейность характеристики насоса и золотникового распределителя.

Алгоритм приоритетного управления и распределения потока:

В системах с несколькими насосами или одним насосом с несколькими потребителями модуль реализует логику распределения:

Режим постоянной мощности: ограничивает суммарную выходную мощность насосов, динамически снижая производительность одного при росте нагрузки на другом, чтобы не перегрузить двигатель внутреннего сгорания или электропривод.

Режим приоритета потребителя: при недостатке общего расхода, поток в первую очередь направляется в контур с высшим приоритетом, а остаточный поток — в контур с низшим приоритетом.

Алгоритм «По требованию»: модуль может эмулировать или работать в паре с нагрузочным клапаном, подстраивая производительность насоса под текущий суммарный спрос потребителей, минимизируя потери на дросселирование.

5.2.3 Адаптация под конфигурации РОИН

Модуль является параметрически настраиваемым. При смене или переналадке робота (например, установка насоса другой модели или изменение передаточного числа привода) не требуется замена ПО. Достаточно загрузить новый конфигурационный файл, который включает:

- Таблицы производительности насоса.
- Предельные значения по давлению, току, температуре.
- Логику приоритетов для конкретной схемы гидроразводки.

5.3 Описание работы блока управления системой охлаждения

Программный блок управления системой охлаждения является ключевым компонентом системы терморегуляции роботов «РОИН». Его основное назначение – автоматическое поддержание температурного режима гидравлического масла в заданных безопасных пределах путем управления различными контурами охлаждения в зависимости от режима работы робота и текущих условий.

5.3.1 Модуль порогового контроля

Основное назначение модуля – определение базовой необходимости включения охлаждения по принципу гистерезиса. Гистерезис задается совместно с режимом работы системы охлаждения.

5.3.2 Основной модуль управления

Осуществляет выбор и выполнение алгоритма управления в зависимости от режима работы робота по 9 независимым алгоритмам:

1. Энергосберегающий режим;
2. Прямое управление от температуры;
3. Предупредительное охлаждение №1;
4. Предупредительное охлаждение №2;
5. Сложный составной контур;
6. Мощное охлаждение №1;
7. Мощное охлаждение №2;
8. Режим с ограниченным охлаждением;
9. Основной рабочий режим с дополнительными условиями.

5.4 Описание работы блока управления видео

Блок управления видео (далее – модуль видео) является подсистемой управления аналоговыми поворотными видеокамерами (PTZ-камерами) роботизированного комплекса РОИН. Модуль реализует протокол PELCO-D для управления функциями камер через последовательный интерфейс RS-485.

Основное назначение: управление позиционированием камер (панорамирование, наклон); управление оптикой (зум, фокус, диафрагма); контроль вспомогательных функций (сброс, включение ИК-подсветки); обеспечение надежной связи с камерами в условиях промышленных помех.

Характеристики интерфейса обмена данными с камерами, реализованные в рамках ПО АВСУРО 2.0:

- Протокол: PELCO-D;
- Физический уровень: RS-485 (дифференциальная пара);
- Скорость обмена: 9600 бит/с;
- Формат данных: 8 бит данных, 1 стоп-бит, без контроля четности (8N1);
- Подключение: до 16 камер на одной линии (мультидроп);

5.5 Описание работы блока связи с ведомыми блоками

Блок связи с ведомыми блоками (далее – модуль связи) является центральным коммуникационным узлом роботизированного комплекса «РОИН». Модуль реализует протокол обмена данными по интерфейсу RS-485 между главным блоком управления (мастер) и ведомыми блоками (слейвы) различных подсистем робота. Основное назначение:

- Организация многоточечной связи в промышленной сети;
- Синхронизация работы всех подсистем робота;
- Централизованный сбор диагностической информации;
- Распределение управляющих команд;
- Обеспечение отказоустойчивости коммуникаций;

Характеристики интерфейса обмена данными с камерами, реализованные в рамках ПО АВСУРО 2.0:

- Протокол: Модифицированный MODBUS RTU;
- Физический уровень: RS-485 (витая пара, экранированная);
- Скорость обмена: 115200 бод (фиксированная);
- Формат данных: 8 бит данных, 1 стоп-бит, без бита четности (8N1);
- Топология: Линейная шина с терминаторами 120 Ом;

Все ведомые блоки конфигурируются с помощью специального программного обеспечения ROINCM.

Обмен данными по интерфейсу RS485 ведется в симплексном режиме с разделением по времени. Интервал между передачами двух пакетов не зависимо от направления передачи должен составлять не менее 3.5 периодов передачи одного байта (не менее 250 мкс). Параметры передачи данных: **115200 8-N-1**. Минимально допустимый пакет должен иметь длину не менее 4 байт, где 2 байта заголовка пакета и 2 байта контрольной суммы CRC16. Контрольная сумма CRC16 независимо от метода расчет для каждого пакета должна соответствовать контрольной сумме, рассчитанной функцией, приведенной ниже:

0	static const unsigned short crc_t[256] =
1	{
2	0x0000, 0xC0C1, 0xC181, 0x0140, 0xC301, 0x03C0, 0x0280, 0xC241,
3	0xC601, 0x06C0, 0x0780, 0xC741, 0x0500, 0xC5C1, 0xC481, 0x0440,
4	0xCC01, 0x0CC0, 0x0D80, 0xCD41, 0x0F00, 0xCFC1, 0xCE81, 0x0E40,
5	0x0A00, 0xCAC1, 0xCB81, 0x0B40, 0xC901, 0x09C0, 0x0880, 0xC841,
6	0xD801, 0x18C0, 0x1980, 0xD941, 0x1B00, 0xDBC1, 0xDA81, 0x1A40,
7	0x1E00, 0xDEC1, 0xDF81, 0x1F40, 0xDD01, 0x1DC0, 0x1C80, 0xDC41,
8	0x1400, 0xD4C1, 0xD581, 0x1540, 0xD701, 0x17C0, 0x1680, 0xD641,
9	0xD201, 0x12C0, 0x1380, 0xD341, 0x1100, 0xD1C1, 0xD081, 0x1040,
10	0xF001, 0x30C0, 0x3180, 0xF141, 0x3300, 0xF3C1, 0xF281, 0x3240,
11	0x3600, 0xF6C1, 0xF781, 0x3740, 0xF501, 0x35C0, 0x3480, 0xF441,
12	0x3C00, 0xFCC1, 0xFD81, 0x3D40, 0xFF01, 0x3FC0, 0x3E80, 0xFE41,
13	0xFA01, 0x3AC0, 0x3B80, 0xFB41, 0x3900, 0xF9C1, 0xF881, 0x3840,
14	0x2800, 0xE8C1, 0xE981, 0x2940, 0xEB01, 0x2BC0, 0x2A80, 0xEA41,
15	0xEE01, 0x2EC0, 0x2F80, 0xEF41, 0x2D00, 0xEDC1, 0xEC81, 0x2C40,
16	0xE401, 0x24C0, 0x2580, 0xE541, 0x2700, 0xE7C1, 0xE681, 0x2640,
17	0x2200, 0xE2C1, 0xE381, 0x2340, 0xE101, 0x21C0, 0x2080, 0xE041,
18	0xA001, 0x60C0, 0x6180, 0xA141, 0x6300, 0xA3C1, 0xA281, 0x6240,
19	0x6600, 0xA6C1, 0xA781, 0x6740, 0xA501, 0x65C0, 0x6480, 0xA441,
20	0x6C00, 0xACC1, 0xAD81, 0x6D40, 0xAF01, 0x6FC0, 0x6E80, 0xAE41,
21	0xAA01, 0x6AC0, 0x6B80, 0xAB41, 0x6900, 0xA9C1, 0xA881, 0x6840,
22	0x7800, 0xB8C1, 0xB981, 0x7940, 0xBB01, 0x7BC0, 0x7A80, 0xBA41,
23	0xBE01, 0x7EC0, 0x7F80, 0xBF41, 0x7D00, 0xBDC1, 0xBC81, 0x7C40,
24	0xB401, 0x74C0, 0x7580, 0xB541, 0x7700, 0xB7C1, 0xB681, 0x7640,
25	0x7200, 0xB2C1, 0xB381, 0x7340, 0xB101, 0x71C0, 0x7080, 0xB041,
26	0x5000, 0x90C1, 0x9181, 0x5140, 0x9301, 0x53C0, 0x5280, 0x9241,
27	0x9601, 0x56C0, 0x5780, 0x9741, 0x5500, 0x95C1, 0x9481, 0x5440,

```

28     0x9C01, 0x5CC0, 0x5D80, 0x9D41, 0x5F00, 0x9FC1, 0x9E81, 0x5E40,
29     0x5A00, 0x9AC1, 0x9B81, 0x5B40, 0x9901, 0x59C0, 0x5880, 0x9841,
30     0x8801, 0x48C0, 0x4980, 0x8941, 0x4B00, 0x8BC1, 0x8A81, 0x4A40,
31     0x4E00, 0x8EC1, 0x8F81, 0x4F40, 0x8D01, 0x4DC0, 0x4C80, 0x8C41,
32     0x4400, 0x84C1, 0x8581, 0x4540, 0x8701, 0x47C0, 0x4680, 0x8641,
33     0x8201, 0x42C0, 0x4380, 0x8341, 0x4100, 0x81C1, 0x8081, 0x4040
34 };
35
36 static unsigned short crc16(unsigned char* data, unsigned short len)
37 {
38     unsigned short crc = 0xFFFF;
39     while((len--)!= 0)
40     {
41         crc = (crc >> 8) ^ crc_t[(crc & 0xFF) ^ *data++];
42     }
43     return crc;
44 }

```

5.5.1 Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСР.184.220.XXX (12РО)

Управление 12 дискретным/аналоговыми выходами.

Запрос к ведомому блоку от ведущего:

Тип блока	Адрес	Дискретные выходы 9 - 12	Дискретные выходы 1 - 8	Аналоговый выход №12	...	Аналоговый выход №1	CRC Hi	CRC Low
0x20	0xKN	0x00 – 0x0F	0x00 – 0xFF	0 – 100%		0 – 100%	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Минимальная длина пакета – 6 байт, максимальная – 18 байт.

Дискретные выходы задаются позиционным битом. Пропорциональные в процентах ШИМа от 0 до 100. Порядок дискретных выходов прямой: самый младший позиционный бит – 1 первый дискретный выход. Порядок аналоговых выходов обратный: самый старший байт в пакете описания аналоговых выходов – 12 аналоговый выход.

Адресация блока: К — количество используемых аналоговых выходов (0 ~ 12); N — порядковый номер блока, задаваемый переключателем (1 ~ 15).

Ответ ведомого блока ведущему:

Тип блока	Адрес	Температура блока	Силовое напряжения блока	Общее потребление тока блоком	CRC Hi	CRC Low
0x20	0xKN	-127 ~ +128 °C	Силовое напряжение в Вольтах/2	Проверка по установленному старшему биту байта: если бит «1» — Ток/10; «0» — Ток/2	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Длина пакета данных — 7 байт.

Адресация блока: К — количество используемых аналоговых выходов (0 ~ 12); N — порядковый номер блока, задаваемый переключателем (1 ~ 15).

5.5.2 Протокол обмена данными между ведущим и ведомым блоком ГСР.184.250.XXX (8PO4AI)

Управление 8 дискретным/аналоговыми выходами, опрос 4 аналоговых входов.

Запрос к ведомому блоку от ведущего:

Тип блока	Адрес	Аналоговые входы	Дискретные выходы 1 - 8	Аналоговый выход №8	...	Аналоговый выход №1	CRC Hi	CRC Low
0x50	0xKN	0x0F — опрос всех 4 входов	0x00 – 0xFF	0 – 100%		0 – 100%	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Минимальная длина пакета – 6 байт, максимальная – 14 байт.

Дискретные выходы задаются позиционным битом. Пропорциональные в процентах ШИМа от 0 до 100. Порядок дискретных выходов прямой: самый младший позиционный бит – 1 первый дискретный выход. Порядок аналоговых выходов обратный: самый старший байт в пакете описания аналоговых выходов – 8 аналоговый выход.

Адресация блока: К — количество используемых аналоговых выходов (0 ~ 8); N — порядковый номер блока, задаваемый переключателем (1 ~ 15).

Ответ ведомого блока ведущему:

Тип блока	Адрес	Температура блока	Силовое напряжение блока	Общее потребление тока блоком	Аналоговый вход №1	...	Аналоговый вход №2	CR C Hi	CR C Low
0x50	0xKN	-127 ~ +128 °C	Силовое напряжение в Вольтах/2	Проверка по установленному старшему биту байта: если бит «1» — Ток/10; «0» — Ток/2	Вход типа токовая петля 0 ~ 25.0 мА		Вход типа токовая петля 0 ~ 25.5 мА	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Длина пакета данных — 11 байт.

Адресация блока: К — количество используемых аналоговых выходов (0 ~ 8); N — порядковый номер блока, задаваемый переключателем (1 ~ 15). Аналоговые входы с 1 по 4 типа токовая петля измеряют ток от 0 до 25.0 мА.

5.5.3 Протокол обмена данными между ведущим и ведомым блоком ГСР.184.240.XXX (8AI8DI2FDI)

Опрос 8 аналоговых входов, 8 дискретных входов и 2 частотных входов.

Запрос к ведомому блоку от ведущего:

Тип блока	Адрес	Аналоговые входы	CRC Hi	CRC Low
0x40	0x0N	0xFF — опрос всех 8 входов	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Длина пакета данных — 5 байт.

Адресация блока: N — порядковый номер блока, задаваемый переключателем (1 ~ 15).

Ответ ведомого блока ведущему:

Тип блока	Адрес	Температура блока	Силовое напряжение блока	Аналоговый вход №1	...	Аналоговый вход №8	Дискретные входы 1 – 8	Частотные (дискретные) входы 1 – 2	CRC Hi	CRC Low
0x40	0x0N	-127 ~ +128 °C	Силовое напряжение в Вольтах/2	Вход типа токовая петля 0 ~ 25.0 мА		Вход типа токовая петля 0 ~ 25.0 мА	Дискретные входы позиционным битом. Номер бита соответствует номеру входа	Дискретные входы позиционным битом. Номер бита соответствует номеру входа	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Длина пакета данных — 16 байт.

Адресация блока: N — порядковый номер блока, задаваемый переключкой (1 ~ 15).

5.5.4 Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСР.194.310.200 (POW-4RS)

Управление устройствами наведения видеокамер по протоколу Pelco-D.

Запрос к ведомому блоку от ведущего:

Тип блока	Адрес	Номер активной камеры	Пакет данных Pelco-D							CRC Hi	CRC Low
0x60	0x0N	1 – 4 камера	0xFF	0x01	Команда 1	Команда 2	Данные 1	Данные 2	Контрольная сумма	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Длина пакета данных — 12 байт.

Адресация блока: N — порядковый номер блока (1 ~ 2)

Формат «команда 1» и «команда 2»:

	Бит 7	Бит 6	Бит 5	Бит 4	Бит 3	Бит 2	Бит 1	Бит 0
Команда 1	Sense	0	0	Auto/Manual Scan	Camera on/off	Iris Close	Iris Open	Focus Near
Команда 2	Focus Far	Zoom Wide	Zoom Tele	Down	Up	Left	Right	0

Значение «1» в битовой позиции включает функцию, значение «0» выключает или останавливает функцию.

Бит «Sense» (команда 1, бит 7) показывает смысл 4-го и 3-го битов. Биты 6 и 5 зарезервированы, значение должно быть 0. Если «Sense» бит включен (значение «1») и биты 4 и 3 тоже включены, команда включит автоматическое сканирование и включит камеру. Если «Sense» бит выключен (значение «0») и биты 4 и 3 включены, команда включит ручное сканирование и выключит камеру. Конечно, если либо бит 4 или бит 3 выключены, то для этих функций не будет предпринято никаких действий.

Биты 6 и 5 зарезервированы и должны быть установлены в «0».

Байт 5 – «данные 1» – содержит значение скорости по горизонтали (Pan). Скорость имеет диапазон от 0x00 до 0x3F (высокая скорость) и значение «0x40» используется для «турбо» скорости.

Байт 6 – «данные 2» – содержит значение скорости по вертикали. Скорость наклона имеет диапазон от 0x00 до 0x3F (максимальная скорость). «Турбо» скорость не предусмотрена для вертикальной оси.

Байт 7 – контрольная сумма, которая является 8 битной суммой байт «полезной нагрузки» (байты 2-6) в сообщении.

Ответ ведомого блока ведущему:

Тип блока	Адрес	Температура блока	CRC Hi	CRC Low
0x60	0x0N	-127 ~ +128 °C	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Длина пакета данных — 5 байт.

Адресация блока: N — порядковый номер блока (1 ~ 2)

5.5.5 Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСР.184.333.000 (XYZ-MODULE)

Блок определения положения в пространстве по гироскопу-акселерометру.

Запрос к ведомому блоку от ведущего:

Тип блока	Адрес	CRC Hi	CRC Low
0xA3	0x0N	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Длина пакета данных — 4 байта.

Адресация блока: N — порядковый номер блока, задаваемый переключателем (1 ~ 8).

Ответ ведомого блока ведущему:

Тип блока	Адрес	Температура блока	-	Угол X		Угол Y		Угол Z		CRC Hi	CRC Low
0xA3	0x0N	-127 ~ +128 °C	0	Угол Hi	Угол Low	Угол Hi	Угол Low	Угол Hi	Угол Low	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Длина пакета данных — 12 байт.

Адресация блока: N — порядковый номер блока, задаваемый переключателем (1 ~ 8).

Углы передаются в виде трех знаковых переменных типа int16_t. Угол переведен в целочисленный вид умножением на 100.

5.5.6 Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСР.184.260.XXX (PUD AD)

Блок контроля и управления трехфазным асинхронным электродвигателем.

Запрос к ведомому блоку от ведущего:

Тип блока	Адрес	Команда 1	Команда 2	Команда 3	Команда 4	CRC Hi	CRC Low
-----------	-------	-----------	-----------	-----------	-----------	--------	---------

0x11	0x0N	Команды позиционным битом	Резерв	Резерв	Резерв	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16
------	------	---------------------------	--------	--------	--------	--

Длина пакета данных — 7 байт.

Адресация блока: N — порядковый номер блока, задаваемый перемычкой (1 ~ 4).

Команда 1: 0x01 – снятие стопа; 0x02 – запуск электромотора, 0x04 – аварийный стоп. Запуск электромотора невозможен без снятия стопа.

Ответ ведомого блока ведущему:

0x11	Тип блока	0x0N	Адрес	-127 ~ +128 °C	Температура блока	Hi	Счетчик моточасов	Low	Фазные напряжения	A	Фазировка	B	Состояние мотора	C	Блокировки	«0» - ВЫКЛ, «1» - ВКЛ	Фазные токи	A	Уровень масла	Hi	Температура масла	Low	Температура электромотора	Флаг	Сопротивление	МОм/100	Напряжение	Вольг/200	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16

Длина пакета данных — 26 байт.

Фазные напряжения: для дальнейшей обработки необходимо умножить на 4.

Фазировка: фаза А – необходимо прибавить 400 – получаем частоту сети в Гц с точностью до 1 знака после запятой; фазы В и С – необходимо прибавить 120 – получаем углы фаз относительно фазы А в целых градусах.

Позиционные биты блокировок:

0x01	0x02	0x04	0x08	0x10	0x20	0x40	0x80
Перегрузка электромотора	Максимальная токовая защита	Температура масла	Уровень масла	Температура электромотора	Сопротивление изоляции	Аварийная фазировка	Аварийное напряжение

Фазные токи: для каждой из фаз проверяется старший бит 0x80, если бит установлен необходимо умножить показания на 20, если бита нет необходимо умножить на 5. После пересчета получаем фазные токи в виде целочисленных переменных, где два младшие разряда – два знака после запятой.

Уровень масла: необходимо контролировать состояние двух старших бит в старшем байте.
 Маски: 0x4000 — низкий уровень масла, 0x8000 — аварийный уровень масла.

5.5.7 Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСР.184.270.XXX (PUD DVS)

Блок управления двигателем внутреннего сгорания (ЭБУ).

Запрос к ведомому блоку от ведущего:

Тип блока	Адрес	Команда 1	Команда 2	Команда 3	Команда 4	CRC Hi	CRC Low
0x10	0x01	Команды позиционным битом	Резерв	Резерв	Резерв	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Длина пакета данных — 7 байт.

Команда 1: 0x01 – снятие стопа; 0x02 – запуск электромотора, 0x04 – аварийный стоп.
 Запуск электромотора невозможен без снятия стопа.

Ответ ведомого блока ведущему:

Тип блока	Адрес	Температура блока	Напряжение низковольтной силовой цепи	Напряжение низковольтной цепи управления	Обороты ДВС	Счетчик моточасов	Уровень топлива	Датчик масла ДВС	Датчик аварийной температуры ДВС	Температура ДВС	Температура гидравлического масла	Уровень гидравлического масла	CRC Hi	CRC Low
0x10	0x01	-127 ~ +128 °C	Hi	Low	Hi	Low	0 ~ 255л	0 – 255 атм.	-127 ~ +128 °C	-127 ~ +128 °C	Hi	Low	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Длина пакета данных — 20 байт.

Уровень масла: необходимо контролировать состояние двух старших бит в старшем байте.
 Маски: 0x4000 — низкий уровень масла, 0x8000 — аварийный уровень масла.

5.5.8 Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСР.184.112.XXX (PDU)

Пульт дистанционного управления (много платная сборка).

Запрос к ведомому блоку от ведущего:

Тип блока	Адрес	Данные	CRC Hi	CRC Low
0x09	0x0N	32 байта произвольных данных	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Длина пакета данных — 36 байт.

Адресация блока: N — порядковый номер блока, задаваемый переключателем (1 ~ 16).

Ответ ведомого блока ведущему:

Тип блока	Адрес	Данные	CRC Hi	CRC Low
0x09	0x0N	32 байта произвольных данных	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Длина пакета данных — 36 байт.

Адресация блока: N — порядковый номер блока, задаваемый переключателем (1 ~ 16).

5.5.9 Протокол обмена данными между ведущим и ведомыми блоком ГСР.300.112.XXX (PDU)

Пульт дистанционного управления (одноплата сборка).

Запрос к ведомому блоку от ведущего:

Тип блока	Адрес	Данные	CRC Hi	CRC Low
0x09	0x0N	32 байта произвольных данных	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Длина пакета данных — 36 байт.

Адресация блока: N — порядковый номер блока, задаваемый переключателем (1 ~ 16).

Ответ ведомого блока ведущему:

Тип блока	Адрес	Данные	CRC Hi	CRC Low
0x09	0x0N	32 байта произвольных данных	Контрольная сумма по типу Modbus RTU CRC16	

Длина пакета данных — 36 байт.

Адресация блока: N — порядковый номер блока, задаваемый переключателем (1 ~ 16).

5.6 Описание блок связи по радиоканалу/проводному каналу главных блоков системы управления

Программный блок межмодульной связи представляет собой высокоуровневую абстракцию коммуникационной подсистемы, обеспечивающей интегрированное управление разнородными физическими каналами передачи данных в распределенной архитектуре системы управления робототехническими комплексами «РОИН». Блок реализует унифицированный интерфейс доступа к каналам связи, скрывая от вышестоящих систем специфику реализации протоколов и физических интерфейсов.

Функциональное назначение блока:

- Унификация доступа: предоставление единого программного интерфейса для взаимодействия с различными физическими каналами связи
- Агрегация каналов: объединение нескольких каналов связи в логические группы с балансировкой нагрузки
- Отказоустойчивость: автоматическое переключение между каналами при деградации качества связи

- Маршрутизация сообщений: интеллектуальное распределение трафика на основе метрик качества каналов
- Качество обслуживания (QoS): приоритизация трафика в соответствии с критичностью передаваемых данных
- Мониторинг и диагностика: непрерывный контроль состояния каналов связи и сбор статистики

Программный блок реализует поддержку следующих физических интерфейсов и протоколов:

Радиоканалы:

- Mbee-868 (протокол на основе IEEE 802.15.4, адаптированный для промышленного применения);
- ESP-8266 (Wi-Fi, протоколы TCP/IP, UDP, MQTT);

Проводные интерфейсы:

- RS-485 (протокол Modbus RTU, собственная реализация протокола обмена);
- Ethernet (стеки протоколов TCP/IP, UDP, с поддержкой VLAN и QoS на уровне L2/L3);

Все запросы на передачу данных направляются через единый диспетчер сообщений, который осуществляет: анализ характеристик передаваемых данных (критичность, размер, допустимая задержка); выбор оптимального канала или группы каналов; контроль выполнения операции передачи; подтверждение доставки или повторную передачу при необходимости.

Программный блок межмодульной связи представляет собой сложную, многоуровневую систему, обеспечивающую надежную и эффективную коммуникацию между компонентами робототехнических комплексов РОИН. Его архитектура и алгоритмы разработаны с учетом специфических требований промышленных применений и обеспечивают высокий уровень отказоустойчивости, безопасности и производительности.

5.7 Описание работы блока обработки ошибок

Блок обработки ошибок является централизованной системой мониторинга, регистрации и классификации аномальных состояний в роботизированном комплексе «РОИН». Модуль осуществляет непрерывный контроль состояния всех подсистем, формирует структурированную диагностическую информацию и обеспечивает оперативное реагирование на критические события. Данный программный модуль имеет следующие функциональные возможности:

- Непрерывный мониторинг состояния аппаратных и программных компонентов системы;
- Многоуровневая классификация ошибок по степени критичности и области возникновения;
- Векторное представление состояния системы через 64-битную маску ошибок;
- Динамическое отслеживание переходных процессов и временных нарушений;
- Интегральная оценка работоспособности системы на основе совокупности диагностических признаков;
- Проактивное выявление предотказных состояний и деградации характеристик;

Вектор ошибок представляет собой битовую маску размером 64 бита, где каждый бит соответствует конкретному диагностируемому состоянию. Биты сгруппированы по функциональным областям:

Биты 0-15: Ошибки связи и базовой инфраструктуры;

Биты 16-31: Ошибки гидравлической системы и температурного режима;

Биты 32-47: Ошибки электропитания и силовой электроники;

Биты 48-63: Ошибки механических систем и датчиков положения.

Опрос программных и аппаратных компонентов на предмет наличия ошибок в рамках ПО ABCURO 2.0 ведет непрерывно.

5.7.1 Детальная классификация ошибок

FAIL_CONNECTION (0x1) — нарушение коммуникационных связей между модулями управления.

FAIL_LOW_BAT (0x2) — критическое снижение уровня заряда аккумуляторных батарей.

FAIL_3_3U (0x4) — отклонение напряжения питания +3.3В за допустимые пределы.

FAIL_UPOW (0x8) — общая неисправность системы питания силового напряжения.

FAIL_RD1 - FAIL_RD12 (0x10 - 0x8000) — отказы датчиков давления в гидролиниях RD1-RD12.

FAIL_OIL_LVL (0x10000) — аварийный уровень гидравлического масла.

FAIL_LOW_OIL_LVL (0x20000) — низкий уровень гидравлического масла.

FAIL_ALARM_OIL_T0C (0x40000) — превышение допустимого порога температуры масла.

FAIL_OIL_T0C (0x80000) — превышение аварийного порога температуры масла.

FAIL_UPHASE (0x100000) — дисбаланс фазных напряжений.

FAIL_PHASE (0x200000) — отсутствие одной или нескольких фаз, аварийная фазировка.

FAIL_RIZ (0x400000) — аварийное сопротивление изоляции.

FAIL_MOTOR_OVERHEAT (0x800000) — перегрев силовых электродвигателей.

FAIL_MTZ (0x1000000) — срабатывание максимальной токовой защиты.

FAIL_DVS_OIL (0x2000000) — низкий уровень масла в ДВС.

FAIL_DVS_OVERHEAT (0x4000000) — перегрев двигателя внутреннего сгорания.

FAIL_LEP_SENSOR (0x8000000) — срабатывание датчика приближение к линии электропередач.

FAIL_FUEL_LVL (0x10000000) — критически низкий уровень топлива.

FAIL_ARROW_OVERLOAD (0x20000000) — перегрузка стрелового механизма

FAIL_ARROW_CRITICAL (0x40000000) — критическое состояние стрелового механизма.

FAIL_5_0U (0x80000000) — отклонение напряжения +5.0В за допустимые пределы.

FAIL_BASE_ANGLE (0x100000000) — опасное положение робота в пространстве.

FAIL_CRADLE_ANGLE (0x200000000) — ошибка датчика угла люльки.

FAIL_RPM_OVERRUN (0x400000000) — превышение максимально допустимых оборотов.

FAIL_TELE_OVERLOAD (0x800000000) — перегрузка телескопического механизма.

FAIL_UCPU (0x1000000000) — отклонение напряжения линии питания системы управления.

FAIL_MOTOR_OVERLOAD (0x2000000000) — токовая перегрузка приводных двигателей.

FAIL_12U (0x4000000000) — отклонение напряжения +12В за допустимые пределы.