

---

# Серия модулей УСО WAD-...-BUS, WAD-...-USB

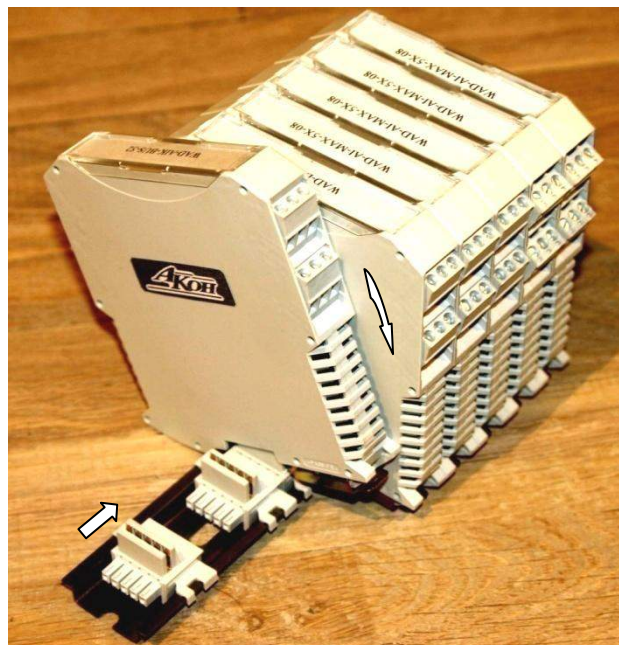
## Техническое описание

### WAD-A0-BUS(USB)

### WAD-A06-BUS

ТУ У 33.2-33056998-001:2009  
АКОН.426435.001, АКОН.426435.002

(Четырех- или шестиканальный модуль аналогового вывода с поканальной гальванической развязкой выходных каналов и интерфейсом RS-485 либо USB, предназначенный для построения распределенных систем сбора данных)



2015

<b>СОВМЕСТИМОСТЬ МОДУЛЕЙ АКОН С МИРОВЫМИ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫМИ БРЕНДАМИ</b> .....	- 3 -
<b>АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</b> .....	- 5 -
Назначение и устройство модуля .....	- 5 -
Технические характеристики WAD-AO(AO6)-BUS .....	- 6 -
Информация для заказа .....	- 7 -
Структурная схема и принцип работы модуля .....	- 8 -
Назначение контактов разъемов .....	- 9 -
Схема подачи питания модуля .....	- 11 -
Подключение выходов .....	- 12 -
<b>ПРОГРАММНАЯ НАСТРОЙКА МОДУЛЯ</b> .....	- 14 -
Конфигурирование модуля и программа «Администратор» .....	- 14 -
Настройки канала и установка выхода .....	- 15 -
Выбор выходного параметра .....	- 15 -
<b>ПРОГРАММИРОВАНИЕ МОДУЛЯ</b> .....	- 16 -
Протокол обмена OвJECTSNET .....	- 16 -
<i>Описание форматов</i> .....	- 16 -
<i>Пример использования протокола</i> .....	- 18 -
Программные объекты модулей .....	- 19 -
Форматы данных свойств системного объекта .....	- 20 -
Форматы данных свойств объекта .....	- 22 -
Форматы данных свойств объекта .....	- 23 -
Протокол Modbus RTU .....	- 24 -
Протокол Modbus RTU. Дополнение для WAD-AO6-BUS .....	- 27 -
Протокол Modbus RTU. Дополнение для WAD-AO-BUS .....	- 29 -

Протестировано со следующими продуктами:

## Интерфейсы



RS232, RS485, USB, Ethernet, Current LOOP, 1-Wire

## Протоколы обмена



**MODBUS RTU** - открытый коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер». Основные достоинства стандарта — открытость, простота программной реализации и элегантность принципов функционирования. Практически все промышленные системы контроля и управления имеют программные драйвера для работы с MODBUS-сетями.

## SCADA



**TRACE MODE**. Инструментальный программный комплекс класса SCADA HMI. Предназначен для разработки программного обеспечения АСУТП, систем телемеханики, автоматизации зданий, систем учёта электроэнергии (АСКУЭ, АИИС КУЭ), воды, газа, тепла, а также для обеспечения их функционирования в реальном времени. Обладает функциями программирования промышленных контроллеров.



SCADA-система **InTouch** является наиболее популярным в мире программным пакетом визуализации для промышленных применений, установленным более чем на 600.000 объектах во всем мире. InTouch обеспечивает интеграцию со всеми основными поставщиками систем автоматизации, включая Siemens, Rockwell, Omron, Metso, ABB и др. InTouch обеспечивает беспрецедентные мощность, гибкость, простоту в использовании и масштабируемость при построении систем – от малых HMI приложений до крупнейших систем автоматизации предприятий.



**PROMOTIC** это комплекс инструментов для разработки приложений для мониторинга, управления и визуализации технологических процессов в самых различных отраслях промышленности. PROMOTIC предназначена для ОС Windows 8/7/Vista/XP/XPe/2003-8Server и выше. В систему PROMOTIC встроены все необходимые компоненты для создания простых и сложных систем визуализации и управления.



**MasterSCADA™** — это не просто один из современных SCADA- и SoftLogic-пакетов, это принципиально новый инструмент разработки систем автоматизации и диспетчеризации. В нем реализованы средства и методы разработки проектов, обеспечивающие резкое сокращение трудозатрат и повышение надежности создаваемой системы.

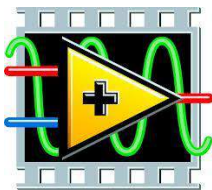


Основной продукт Kerware — **KEPServerEX**: модульный OPC-сервер, который обеспечивает связь с более чем 100 различных контроллеров, приводов и программных модулей, подгружая конкретный драйвер. KEPServerEX поддерживает последовательные и Ethernet-соединения с широчайшим диапазоном промышленных устройств. Сейчас KEPServerEX применяется в тысячах SCADA-системах по всему миру.



**Modbus Universal MasterOPCServer** это: расширенная функциональность в рамках технологии OPC, гибкие возможности пользовательского интерфейса, повышенная надежность и развитая диагностика, средства работы через Интернет, открытость и следование стандартам, рабочие демоверсии для загрузки.

## Инструментальные средства



Основной продукт Kerware — **KEPServerEX**: модульный OPC-сервер, который обеспечивает связь с более чем 100 различных контроллеров, приводов и программных модулей, подгружая конкретный драйвер. KEPServerEX поддерживает последовательные и Ethernet-соединения с широчайшим диапазоном промышленных устройств. Сейчас KEPServerEX применяется в тысячах SCADA-системах по всему миру.

## Программируемые логические контроллеры



Одной из важных особенностей продукции **VIPA** является поддержка открытых интерфейсов, широко применяемых в промышленности. Это создаёт возможность для подключения дополнительных аппаратных средств и облегчает интеграцию отдельных производственных участков в информационную сеть предприятия.



Система **DeltaV** это полностью цифровая архитектура, обеспечивающая цифровую точность и цифровое быстродействие. Встроенное ведение архива облегчает ввод в эксплуатацию и обслуживание. Сам контроллер занимает мало места, обеспечивает резервирование и отличается прочностью.

## Датчики



### Термопары

B, C, E, J, K, L, N, R, S, T, BP5/20 Гр.38, BP5/20 Гр.68, A1, A2, A3

### Термосопротивления

TSM50, TСП50, TСП1006 TСП500, TСП1000, TСП1088, TSM53, TСП46, Pt100, Pt1000

### DS18B20



## Назначение и устройство модуля

Модули WAD-AO-BUS(USB) и WAD-AO6-BUS предназначены для формирования аналоговых сигналов тока или напряжения по четырём(шести) независимым каналам, получая данные по линиям двухпроводного интерфейса RS-485(USB). USB интерфейс доступен только у 4-х канального модуля.

В своём составе модули имеют **четыре(шесть) поканально изолированных канала**, источник питания и интерфейсную часть.

**Высокие метрологические свойства, стабильность и разрешающая способность WAD-AO/AO6-BUS** обеспечены применением **в каждом канале модуля 16-ти разрядного ЦАП.**

Вид формируемой величины (напряжение или ток) и пределы модуля указываются при заказе (на этих пределах производится заводская калибровка каналов). Диапазоны модуля и виды сигналов, прокалиброванные изготовителем, доступны для использования, и “видны” из программы “Администратор” (из комплекта поставки). “Администратор” предназначен для задания пользовательских настроек модуля: вида выходного сигнала и его уровня. Все диапазоны и виды сигналов, поддерживаемые **данным** экземпляром изделия, автоматически обнаруживаются, и отображаются данной программой. Каналы в одном модуле могут различаться по калиброванным диапазонам и видам сигнала.



Конструктивно модуль рассчитан для работы как в единственном числе, так и для построения систем с числом модулей до 127, объединённых по системной шине. Шина создаётся на DIN-рейке установкой соответствующего числа миниатюрных системных разъёмов, формируя собой подобие компактной материнской платы, или “бэк-плейна”. Сами модули являются неразборными, **легко и надёжно устанавливаются и снимаются в любом порядке, не “мешая” соседним. Допускается “горячая” замена, в т.ч. без остановки технологического цикла и управляющей программы.**

По системной шине передаются сигналы интерфейса RS-485 и подводится питание. Входов питания два, основной и для резервного источника. При выходе из строя любого из них работа системы не прерывается.

Все **наружные цепи модулей (выходы, питание, интерфейс) надёжно защищены** от перегрузок. **Защита - двухуровневая:** при кратковременной перегрузке срабатывает первый уровень защиты, при длительном превышении внешнего напряжения выше нормы срабатывает второй, размыкающий цепь. При исчезновении перегрузки работоспособность модуля восстанавливается автоматически.

Корпус модуля выполнен из высококачественного ударопрочного пластика, отличается надёжностью, высокой точностью изготовления, термостойкостью, отличным дизайном, **металлической защёлкой на DIN-рейку.**

(С полной версией Вы можете ознакомиться на нашем сайте <http://akon.com.ua> в разделе "Каталоги - Каталог продукции АКОН 2015".)

DIN-рейка/RS485/Modbus RTU	АНАЛОГОВЫЙ ВЫВОД		Серия BUS
ПАРАМЕТР	WAD-АО-BUS ТУ 4012-001-67480593-2010	WAD-АО6-BUS ТУ 4012-001-67480593-2010	
Внешний вид			
Количество каналов	4	6	
Гальваноразвязка	Поканальная 1,5кВ (по требованию 2,5кВ)		
Разрядность ЦАП	16 бит		
Относительная погрешность по напряжению	0,05%		
Относительная погрешность по току	0,07%		
Формирование постоянного напряжения (возможные пределы):	0-1В, 0-2В, 0-5В, 0-10В, +/-1В, +/-2В, +/-5В, +/-10В (Rнагр>500Ом)	0-1В, 0-2В, 0-5В, 0-10В (Rнагр>5000м)	
Формирование постоянного тока (возможные пределы)	0-5мА, 1-5мА, 0-10мА, 0-20мА, 4-20мА (напряжение до 10В, Rнагр<2кОм на пределе 5 мА и <5000м на пределе 20мА)	0-5мА, 1-5мА, 0-10мА, 0-20мА, 4-20мА (напряжение до 10В, Rнагр<2кОм на пределе 5 мА и <5000м на пределе 20мА)	
Выходное сопротивление	≤ 0,20м выход по напряжению ≥ 10МОм выход тока	≤ 0,150м выход по напряжению ≥ 10МОм выход тока	
Контроллер исправности системы	В случае отсутствия запросов хоста к этому (или к другим модулям-настраивается) более чем установленное значение таймаута, контроллер исправности системы устанавливает выходы в указанное состояние. Время таймаута и состояние каналов конфигурируются.		
Рабочий температурный диапазон	По умолчанию: -20...+75 °С; расширенный: -40...+75 °С		
Габариты	114x105x17,5 мм		
Вес	130г		
Корпус и клеммы	Phoenix Contact(Германия); литые винтовые зажимные клеммы; сечение провода: 0.2-2.5 мм <sup>2</sup>		
Связь	RS485 или USB, протокол Modbus RTU	RS485, протокол Modbus RTU	
Потребляемая мощность	3Вт (при максимальной нагрузке всех выходов)		
Питание	Постоянное (можно не стабилизированное) напряжение от 10В до 30В		

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ		
УПРАВЛЕНИЕ ТИРИСТОРНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ	УПРАВЛЕНИЕ ЧАСТОТНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ	УПРАВЛЕНИЕ КЛАПАНАМИ И ЗАДВИЖКАМИ
		
		
УПРАВЛЕНИЕ РЕГУЛЯТОРАМИ МОЩНОСТИ	ВЫРАЩИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ	УПРАВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

В полном обозначении модуля после названия WAD-AO/AO6-BUS, указывается условный код, соответствующий выходному диапазону: WAD-AO/AO6-BUS-“код”. Если все каналы одинаковы, указывается только один код, если каналы отличаются, коды каналов отделяются запятыми. В этом случае перечисляются все 4 канала. Отсутствующий канал обозначается “X”. Различные пределы одного и того же канала указываются через тире.

Необходимо учитывать, что у 6-ти канального модуля выходы по напряжению могут быть только однополярными (первые 4 диапазона в таблице ниже).

Соответствие кодов диапазонам приведено в таблице:

КОД		Выходной сигнал
0	6	0-1В
0	7	0-2В
0	8	0-5В
0	9	0-10В
2	6	+/-1В
2	7	+/-2В
2	8	+/-5В
2	9	+/-10В
0	X	Другой диапазон для напряжения
9	2	0-5мА
9	3	1-5мА
9	4	0-10мА
9	5	0-20мА
9	6	4-20мА
9	X	Другой диапазон для тока

Пример 1: 4-х канальный модуль, на выходе всех каналов формируется напряжение 0-10В. Обозначение модуля: WAD-AO-BUS-09.

Пример 2: 4-х канальный модуль, интерфейс - USB, первый канал формирует напряжение 0-10В, второй канал формирует ток 4-20мА, третий и четвёртый каналы формируют ток 1-5мА. Обозначение: WAD-AO-USB-09,96,93,93.

Пример 3: 6-ти канальный модуль, все выходы многопредельные, формируют напряжения 0-1В, 0-5В, 0-10В. Обозначение: WAD-AO6-BUS-06-08-09.

Параметры каналов приводятся полностью в техническом паспорте на изделие.

Модуль состоит из следующих узлов: четырех выходных каналов, внутренней шины, центрального процессора и цепей формирования сигналов интерфейса RS-485(USB).

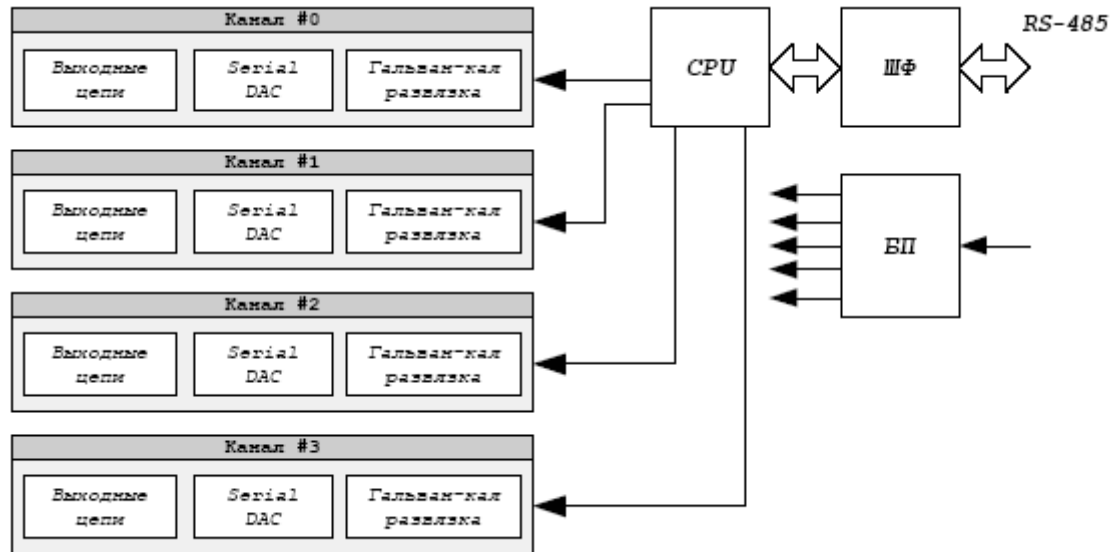


Рис 1. Структурная схема модуля WAD-AO-BUS.

Структурная схема модуля WAD-AO6-BUS имеет ту же структуру, но выходных каналов 6.

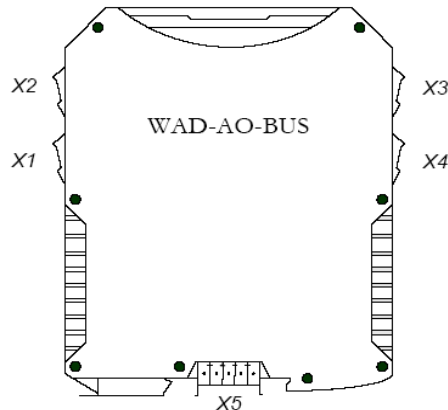
Канал модуля WAD-AO-BUS(USB) имеет два типа выхода: токовый и выход по напряжению. Тип выхода определяется свойством канала «Тип выхода», который задается посредством интерфейса. Если установлен выход по току, то выход по напряжению использовать не корректно, и наоборот.

Канал модуля WAD-AO6-BUS имеет один тип выхода: или токовый, или выход по напряжению (выбирается при заказе).

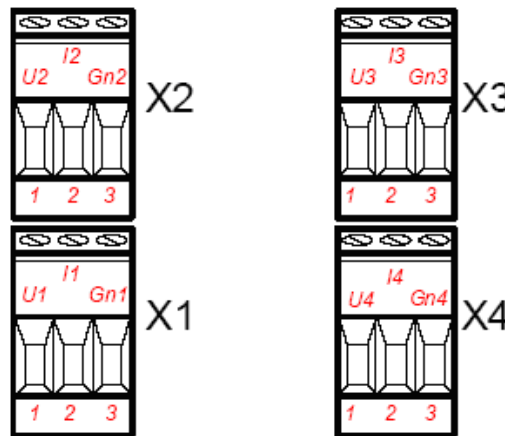
Интерфейс предназначен для поддержания связи с внешним вычислителем. С помощью цифрового интерфейса производится настройка модуля, а также установка и получение значения выходного параметра.



Модуль WAD-AO-BUS имеет 2 типа разъемов: 4 сигнальных 3-х контактных клеммника (X1-X4) и один системный 5-ти контактный разъём (X5).



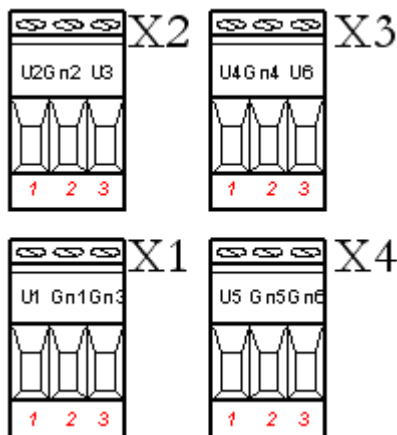
Внешний вид разъемов X1-X4 модуля WAD-AO-BUS:



Назначение контактов разъемов X1-X4 модуля WAD-AO-BUS:

Разъём X1:		
1	2	3
<b>U1</b>	<b>I1</b>	<b>Gn1</b>
(выход напряжения канала 1)	(выход тока канала 1)	(общий выхода 1)
Разъём X2:		
1	2	3
<b>U2</b>	<b>I2</b>	<b>Gn2</b>
(выход напряжения канала 2)	(выход тока канала 2)	(общий выхода 2)
Разъём X3:		
1	2	3
<b>U3</b>	<b>I3</b>	<b>Gn3</b>
(выход напряжения канала 3)	(выход тока канала 3)	(общий выхода 3)
Разъём X4:		
1	2	3
<b>U4</b>	<b>I4</b>	<b>Gn4</b>
(выход напряжения канала 4)	(выход тока канала 4)	(общий выхода 4)

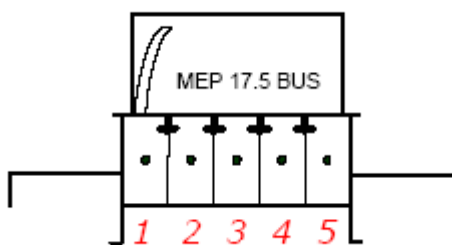
Внешний вид разъемов X1-X4 модуля WAD-AO6-BUS:



Назначение контактов разъемов X1-X4 модуля WAD-AO6-BUS:

Разъём X1:		
1	2	3
<b>U1</b> (выход напряжения канала 1)	<b>Gn1</b> (общий выхода 1)	<b>Gn3</b> (общий выхода 3)
Разъём X2:		
1	2	3
<b>U2</b> (выход напряжения канала 2)	<b>Gn2</b> (общий выхода 2)	<b>U3</b> (выход напряжения канала 3)
Разъём X3:		
1	2	3
<b>U4</b> (выход напряжения канала 4)	<b>Gn4</b> (общий выхода 4)	<b>U6</b> (выход напряжения канала 6)
Разъём X4:		
1	2	3
<b>U5</b> (выход напряжения канала 5)	<b>Gn5</b> (общий выхода 5)	<b>Gn6</b> (общий выхода 6)

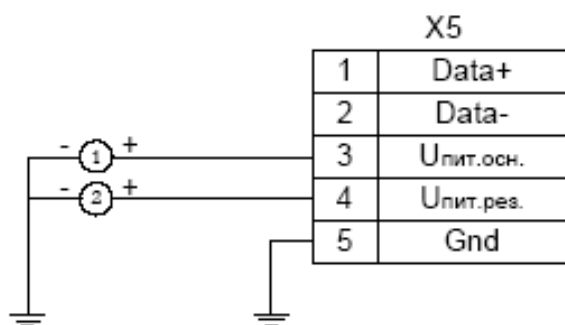
Внешний вид разъема X5:



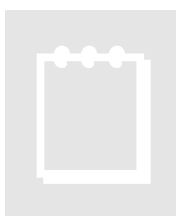
Назначение контактов разъема X5:

Номер контакта	Обозначение	Назначение
1	Data+	Линия Data+ интерфейса RS-485
2	Data-	Линия Data- интерфейса RS-485
3	Упит.	Вход напряжения питания
4	Упит.рез.	Вход резервного напряжения питания
5	Gnd	Общий провод для основного и резервного источников питания

Модуль имеет два канала подачи питания: основное питание и резервное.



1 - основной источник питания,  
2 - резервный источник питания



## Рекомендация:

При выборе основного и резервного источников питания нужно учитывать, что мощность каждого из них должна быть достаточной для питания всех блоков системы. Когда включены два источника питания, они не нагружены поровну: вся нагрузка будет приходиться на тот, выходное напряжение которого больше. Распределение нагрузки между двумя блоками возможно лишь тогда, когда разбаланс выходных напряжений составляет менее 50мВ. Не нужно стремиться распределить нагрузку – скажем, основной источник может быть на 24В, а резервный – на 12В.

Примечание: четырёхканальный модуль WAD-AO-BUS(USB) имеет разные выходы напряжения и тока. Модуль не предусматривает одновременное использование обоих выходов, т.к. для них используются разные калибровочные коэффициенты.



## Рекомендации:

В модуле WAD-AO-BUS(USB) программно выбирается вид выходного сигнала: напряжение или ток. Выбранный - подлежит использованию, однако, второй выход канала при этом также формируется. Погрешность формирования второго выхода при этом не нормируется. Также, необходимо позаботиться о том, чтобы выход по напряжению, когда включен программно выход по току, не оказался нагруженным на значительную и/или нелинейную нагрузку (превышающую допустимую паспортную), т.к. это может привести к дополнительной погрешности формирования выхода по току. Поэтому рекомендуется клемму незадействованного выхода оставлять свободной.

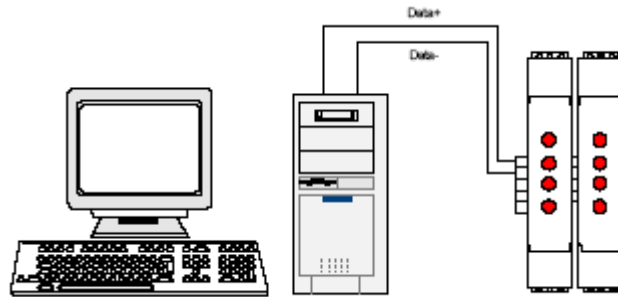
При передаче напряжения на значительные расстояния (более 5м), рекомендуется использовать экранированный провод. На коротких трассах менее 5м допустимо использовать скрутку двух проводников, без экрана. Необходимая степень экранирования зависит от широкополосности приёмника сигнала: если это быстродействующий АЦП (скорость преобразования 10кГц и выше), то экранирование необходимо, если это вход какого-либо инерционного устройства, то экранирование, как правило, не требуется даже при длине линии связи более 100 м.

При передаче сигнала тока степень защищённости сигнала в целом на порядок выше, а применение экрана, как правило, не требуется.

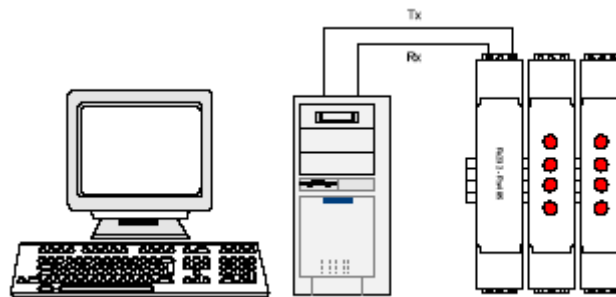
Подключение к сети заключается в одноимённом соединении двух линий DATA+ и DATA- головного вычислителя (компьютера, или выхода преобразователя RS232/RS485) и модуля WAD-...-BUS (или группы модулей, соединённых по системной шине).

Модуль WAD-AO-BUS предназначен для работы в сетях типа Master-Slave, при этом, выступая всегда в роли Slave. При подключении нескольких устройств к сети нужно позаботиться о том, чтобы адрес каждого модуля в пределах сети был уникальным, и у всех модулей была установлена одинаковая скорость обмена. Поэтому, если адреса и скорости обмена неизвестны, рекомендуется производить настройку *каждого модуля в отдельности*, используя программу “Администратор” (см. п 2.1), и лишь потом подключить их в одну сеть.

Как пример приведем схему подключения двух таких модулей к вычислительной сети, которая в качестве мастера использует ПК. Для начала нужно настроить оба устройства в отдельности (если их предустановленные адреса и скорости обмена не известны), и потом подключить в сеть.



Если вычислитель не имеет встроенного интерфейса RS-485, то необходимо использовать преобразователь интерфейса RS-485/RS-232 типа WAD-RS232/485-BUS, или аналогичный.



Каких-либо особенностей подключения интерфейса не имеет, нужно только учитывать, что допустимая протяжённость линии связи интерфейса RS-232 не превышает 10-20 метров, в то время как RS-485 позволяет проводить связь на расстоянии более километра. Чем длиннее линия связи, тем ниже будет максимально возможная скорость обмена. “Стандартной” является скорость 9600 бод, которая достаточна для решения подавляющего большинства задач.

## Конфигурирование модуля и программа «Администратор»

Настройка модуля производится посредством интерфейса RS-485. Для настройки рекомендуется использовать стандартный инструментарий, которым является программа «Администратор». Или можно использовать, опираясь на описание протокола обмена, собственные средства. Программа «Администратор» предназначена для настройки и проверки работоспособности модулей, разработанных компанией АКОН и поддерживающих протокол *ObjectNet(см.п.3.4, стр.19)*. В «Администраторе» настройка модуля производится посредством наглядных графических структур, относящихся к настраиваемому объекту. По умолчанию «Администратор» отображает все прочитанные из модуля свойства: заводские установки и откалиброванные аппаратные пределы. «Администратор» отображает ВСЕ доступные в ДАННОМ экземпляре устройства пределы измерения, позволяет выбрать для дальнейшей работы любой из них, установить частоту среза фильтра, пределы индикации, адрес в сети, скорость обмена и т.д., т.е. – настроить модуль для дальнейшей самостоятельной работы. При обнаружении отсутствия необходимого Вам предела измерения - обращайтесь к изготовителю для проведения дополнительной калибровки.

При отсутствии модуля, при возникновении необходимости проверить, как должна проходить исправная настройка изделия в «Администраторе», в программе встроен эмулятор блоков производства АКОН. При выборе желаемого устройства все возможности и функции «Администратора» работают так же, как с подключенным блоком, позволяя получить навык реальной настройки и работы с модулями серии WAD-...-BUS.

Для настройки модуля с помощью «Администратора» необходимо выполнить следующие шаги:

1. Подключить устройство к компьютеру. (См. раздел 1.8.(стр.9) «Подключение к сети RS-485»)
2. Запустить программу «Администратор» из комплекта поставки.
3. Выбрать «Шина», «Настройки», задать СОМ-порт и скорость обмена.
4. Выбрать «Шина», «Подключить».
5. Выбрать «Устройства», «Обнаружение устройств». Двойным щелчком выбрать нужное устройство из найденных на шине.
6. Используя функции «Администратора» произвести настройку устройства.
7. Выходя из программы, записать настройки во Флэш-память модуля.

Программа «Администратор» поддерживает весь спектр устройств серии WAD-...-BUS. Функции «Администратора» по настройке конкретной модели устройства приводятся в техническом описании на данное устройство.

Общие функции «Администратора» приведены в разделе «Помощь» программы «Администратор».

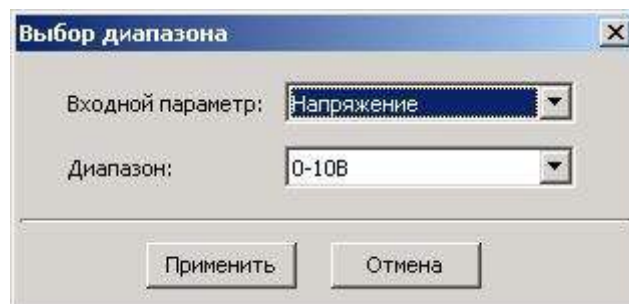
Щелчок на объекте в окне параметров устройства программы «Администратор» открывает окно параметров канала:



Для установки выхода нужно бегунком выбрать значение выходного параметра и нажать кнопку «Установить». Выбор параметра осуществляется нажатием на кнопку «Параметр».

## Выбор выходного параметра

Щелчок на блоке «Параметр» открывает окно выбора возможных выходных параметров. Функция активна только в 4-х канальном блоке.



## Протокол обмена ObjectsNet

Для своих устройств Компания АКОН использует протокол обмена собственной разработки ObjectsNet. В основу протокола ObjectsNet заложена объектная модель представления внутренней архитектуры модулей. Программную архитектуру практически всех модулей можно представить в виде объектов и их свойств. К объектам можно соотнести: каналы аналогового и дискретного ввода/вывода, фильтры, различного рода регуляторы, счетчики импульсов и т.д. К свойствам объекта относятся, например: коэффициенты нормализации (для каналов аналогового ввода/вывода), коэффициент деления (для счетчиков импульсов), частота среза (для фильтров). Протокол применяется в сетях, в которых контроллеры соединяются, используя технологию master-slave, при которой только одно устройство (master) может инициировать передачу (сделать запрос). Другие устройства (slave) передают запрашиваемые главным устройством данные, или производят запрашиваемые действия. Главный контроллер может адресоваться к индивидуальному подчиненному или может инициировать широковещательную передачу сообщения на все подчиненные устройства. Подчиненное устройство возвращает сообщение в ответ на запрос, адресуемый именно ему. Ответы не возвращаются при широковещательном запросе от главного контроллера. При запросе от главного контроллера код функции говорит подчиненному устройству, какое действие и над каким объектом необходимо провести. Байты данных содержат информацию необходимую для выполнения запрошенной функции. Если при приеме посылки модуль обнаружил ошибку, то ответ не формируется.

### Описание форматов

В состав протокола ObjectsNet входит всего один формат запроса и идентичный ему формат ответа. В их состав входят следующие поля:

1 байт	1 байт	1 байт	2 байта	4 байта	2 байта
<i>Address</i>	<i>Function</i>	<i>Object</i>	<i>Property</i>	<i>Data</i>	<i>Crc</i>

Total = 11 bytes

где:

Название поля	Назначение
<b>Address</b>	<i>Адрес модуля в сети</i>
<b>Function</b>	<i>Функция, применяемая к объекту</i>
<b>Object</b>	<i>Номер объекта модуля</i>
<b>Property</b>	<i>Номер свойства объекта</i>
<b>Data</b>	<i>Данные</i>
<b>Crc</b>	<i>Контрольная сумма</i>



Поле «Адрес»

Поле «Адрес» используется для идентификации модуля в сети. Адреса модулей лежат в диапазоне 0x01÷0xFF. Адрес 0x00 используется как широковещательный.

Поле «Объект»

Указывает интересующий объект модуля. Нумерация объектов в модуле - сквозная. Нулевой объект это объект, содержащий свойства, отвечающие за функционирование самого протокола обмена и системы в целом. Этот объект называется системным. Например, в модуле есть четыре канала аналогового ввода и два канала аналогового вывода. Тогда, системный объект: 0; каналы АІ: 1, 2, 3, 4; каналы АО: 5, 6.

Поле «Свойство»

Свойство это не что иное, как параметр объекта (см. выше). Указывает, над каким параметром объекта нужно выполнить требуемое действие. Нумерация свойств в объекте производится с нуля.

Поле «Данные»

Поле может содержать данные, как целого, так и вещественного типа.

Поле «Функция»

Определяет тип действия над конкретным объектом. Поле «Функция» два возможных значения – READ\_PROPERTY или WRITE\_PROPERTY.

Поле «Crc – контрольная сумма»

Предназначено для контроля целостности посылки. Методика вычисления контрольной суммы такая же, как и в протоколе ModBus. Ниже предоставлена функция для вычисления CRC на языке Си.

```

unsigned short mbCrc(unsigned char *buf, unsigned short size)
{
    unsigned short crc;
    unsigned char bit_counter;

    crc = 0xFFFF; // initialize crc

    while ( size > 0 )
    {
        crc ^= *buf++; // crc XOR with data
        bit_counter = 0; // reset counter

        while ( bit_counter < 8 )
        {
            if ( crc & 0x0001 )
            {
                crc >>= 1; // shift to the right 1 position
                crc ^= 0xA001; // crc XOR with 0xA001
            }
            else
            {
                crc >>= 1; // shift to the right 1 position
            }

            bit_counter++; // increase counter
        }

        size--; // adjust byte counter
    }

    return crc; // final result of crc
}

```

Пусть есть модуль, в который содержит два типа объектов: 4 канала AI для измерения напряжения и 2 канала DO с релейным выходом.

Свойства канала AI:

№	Название	Тип	Метод доступа
0	Значение канала	Float	Чтение
1	Диапазон входного сигнала	Unsigned char	Чтение/запись
2	Коэффициент нормализации <i>k</i>	Float	Чтение/запись
3	Коэффициент нормализации <i>b</i>	Float	Чтение/запись

Свойства канала DO:

№	Название	Тип	Метод доступа
0	Значение канала	Boolean	Чтение/запись

Свойства системного объекта:

№	Название	Тип	Метод доступа	Значение
0	Адрес модуля	Unsigned char	Запись	0x01
1	Скорость обмена	Unsigned char	Запись	0x06 (9600bps)
2	Серийный номер	Unsigned long	Чтение	0x00001234
3	Код изделия	Unsigned char	Чтение	0x05

Пример №1. Чтение серийного номера модуля.

Запрос:

Address	Function	Object	Property	Data	Crc
0x01	0x00	0x00	0x0002	0x00000000	0x7EA0
1 байт	1 байт	1 байт	2 байта	4 байта	2 байта

Ответ:

Address	Function	Object	Property	Data	Crc
0x01	0x00	0x00	0x0002	0x00001234	0x73D7
1 байт	1 байт	1 байт	2 байта	4 байта	2 байта

Пример №2. Чтение значения второго канала AI.

Запрос:

Address	Function	Object	Property	Data	Crc
0x01	0x00	0x02	0x0000	0x00000000	0xA024
1 байт	1 байт	1 байт	2 байта	4 байта	2 байта

Ответ:

Address	Function	Object	Property	Data	Crc
0x01	0x00	0x02	0x0000	0x3F9E0419	0x508A
1 байт	1 байт	1 байт	2 байта	4 байта	2 байта

Data = 0x3F9E0419, что равняется 1.2345 мВ

В состав программных объектов входят:

## WAD-AO-BUS

Номер объекта	Название объекта
<b>0</b>	Системный объект
<b>1-4</b>	Каналы аналогового вывода
<b>5</b>	Контроллер исправности

## WAD-AO6-BUS

Номер объекта	Название объекта
<b>0</b>	Системный объект
<b>1-6</b>	Каналы аналогового вывода
<b>7</b>	Контроллер исправности

Свойства системного объекта:

Номер свойства	Название свойства	Тип данных	Метод доступа
<b>0x00</b>	Код типа устройства	unsigned long	R
<b>0x01</b>	Серийный номер устройства	unsigned long	R
<b>0x02</b>	Версия прошивки	unsigned long	R
<b>0x03</b>	Адрес устройства, скорость обмена, протокол обмена	unsigned char	R/W
<b>0x05</b>	Сохранение в Flash текущих настроек системы	unsigned char	W
<b>0x06</b>	Чтение с Flash ранее сохраненных настроек в ОЗУ	unsigned char	W
<b>0x64</b>	Версия ПО	unsigned long	R
<b>0x65</b>	Резерв	unsigned long	R/W
<b>0x66</b>	Машинное время	unsigned long	R

Свойства канала аналогового вывода:

Номер свойства	Название свойства	Тип данных	Метод доступа
<b>0x00</b>	Значение канала	Float	R/W
<b>0x01</b>	Выходной параметр	unsigned char	R/W
<b>0x0E</b>	Количество диапазонов	unsigned char	R
<b>0x10</b>	Класс точности	unsigned char	R
<b>0x30</b>	Выбор элемента из массива диапазонов	unsigned int	W
<b>0x31</b>	Элемент из массива диапазонов	ulong/float	R

Свойства контроллера исправности:

Номер свойства	Название свойства	Тип данных	Метод доступа
<b>0x00</b>	Таймаут	unsigned char	R/W
<b>0x01</b>	Режим работы контроллера	unsigned char	R/W
<b>0x02</b>	Номер канала	unsigned char	R/W
<b>0x03</b>	Значение канала	unsigned char	R/W
<b>0x04</b>	Маска каналов	unsigned char	R/W

**Код типа устройства** это длинное целое беззнаковое число, указывающее код устройства. Для модуля WAD-AIK-BUS его значение равно 0x0000. После подключения устройства и запуска программы «Администратор» нужно произвести подключение к СОМ-порту и выбрать скорость обмена. Следует учесть два способа сканирования в зависимости от количества подключенных к сети устройств.

Сканирование по скоростям. Когда к сети подключено всего одно устройство, то можно выбрать метод сканирования, называемый скоростным. Так как модули поддерживают широковещательные запросы (адрес: 0x00) , то в данном методе сканируются не адреса, а скорости обмена. Этот метод нельзя применять, если к сети подключено более одного устройства.

Сканирование по адресам. При адресном сканировании происходит перебор адресов на выбранных скоростях обмена. Сканирование адресов и скоростей осуществляется автоматически. Данный метод можно применять при любом количестве подключенных устройств к сети.

**Серийный номер устройства** это длинное целое беззнаковое число, указывающее серийный номер устройства.

**Маска каналов** это длинное целое беззнаковое число, указывающее, какие из каналов есть в модуле.

**Адрес устройства, скорость обмена, протокол обмена** это длинное целое беззнаковое число, указывающее адрес устройства, код скорости обмена и код протокола обмена. Диапазон адресов устройств лежит в пределах от 0x01 до 0xFF. Адрес 0x00 является широковещательным. Ответ от устройства при широковещательном запросе не формируется, за исключением чтения кода типа устройства.

Поля свойства:

3-й байт	2-й байт	1-й байт	0-й байт
<i>Parity ID</i>	<i>Protocol ID</i>	<i>Baudrate ID</i>	<i>Address</i>

Коды протоколов:

№	Протокол обмена	Код протокола обмена
1	<i>ObjectNet</i>	0x00
2	<i>Modbus RTU</i>	0x01

Коды скоростей:

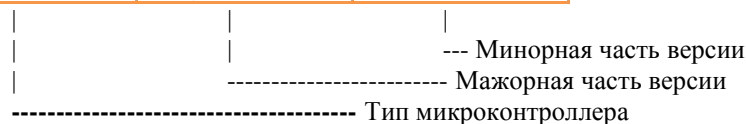
№	Скорость обмена	Код скорости обмена
1	<i>BR_4800</i>	0x05
2	<i>BR_9600</i>	0x06
3	<i>BR_14400</i>	0x07
4	<i>BR_19200</i>	0x08
5	<i>BR_38400</i>	0x09
6	<i>BR_56000</i>	0x0A
7	<i>BR_57600</i>	0x0B
8	<i>BR_115200</i>	0x0C

№	Четность	Код четности
1	<i>ptNone</i>	0
2	<i>ptOdd</i>	1
3	<i>ptEven</i>	2
4	<i>ptMark</i>	3
5	<i>ptSpace</i>	4

**Версия ПО устройства** это длинное целое беззнаковое число, указывающее номер версии программного обеспечения устройства.

Поля свойства:

3-й байт	2-й байт	1-й байт	0-й байт
0	<i>MCU ID</i>	<i>Major Version</i>	<i>Minor Version</i>



**Машинное время** это длинное целое беззнаковое число, указывающее количество секунд прошедших с момента последнего перезапуска устройства.

**Сохранение в Flash текущих настроек системы. Чтение с Flash ранее сохраненных настроек в ОЗУ.** Эти свойства применяются для работы с флэш-памятью и доступны только для записи. При записи выше перечисленных свойств будет выполнена соответствующая команда.

**Значение канала** это число типа float, указывающее значение напряжения или тока на выходе канала в зависимости от выбранного типа выхода.

Для того, что бы узнать какие диапазоны поддерживает канал нужно проделать следующие шаги:

1. Определить, сколько диапазонов запрограммировано для данного канала
  - Прочитать из свойства 0x0E количество диапазонов

```
ReadWithProperty(0x0E, &RangeCount);
```

2. Выбрать элемент из массива диапазонов
  - Записать в свойство 0x31 индекс массива в виде (index << 8)

```
for(index = 0; index < RangeCount; index++)  
{  
    WriteInProperty(0x31, index << 8);  
    ReadWithProperty(0x30, &Code);  
  
    RangeCode[index] = Code;  
}
```

3. Прочитать значение элемента массива
  - Прочитать из свойства 0x30 код диапазона

Коды диапазонов, прочитанные из массива диапазонов, используются для выбора выходного диапазона. (Запись в свойство 0x01).

Контроллер исправности системы, это логический узел модуля, предназначенный для принятия решения модулем об исправности системы, в которой он работает. Механизм работы базируется на отслеживании длительности интервалов между запросами к текущему устройству или к любым другим устройствам на этой на шине. Тип отслеживаемого трафика конфигурируется параметром «**Условие сброса таймаута**». В случае отсутствия запросов более чем установленное значение таймаута, контроллер исправности системы производит действия, которые характерны для конкретного типа модуля.

**Значение таймаута** – указывается в миллисекундах. Если равно нулю, то контроллер исправности отключен.

**Условие сброса таймаута** – указывает условие сброса таймаута. Может принимать два значения:

Значение	Условие сброса
0	Любой обмен по шине
1	Обращение к модулю

Если в этот параметр прописан ноль, то при любом трафике на шине счетчик отслеживающий таймаут будет сбрасываться. Если прописана единица, то сброс счетчика будет производиться только при запросах адресуемых этому устройству.

Если контроллер исправности настроен на отслеживание трафика (Параметр «**Значение таймаута**» не равен нулю), то отсчет таймаута после подачи питания на модуль начнется только после первого запроса по шине удовлетворяющего условию сброса (Параметр «**Условие сброса таймаута**»).

**Номер канала / Значение канала** – пара свойств, предназначенных для загрузки ячеек, значения с которых будут переписаны в соответствующие каналы аналогового выхода устройства в случае таймаута. Нумерация каналов начинается с нуля.

**Маска каналов** – битовая маска каналов, указывающая какие каналы устройства при наступлении таймаута следует обновить с ячеек «**Значение канала**».

Таблица регистров модулей WAD-AO/AO6-BUS при обмене по протоколу Modbus RTU.

Код операции	Адрес регистра	Наименование параметра	Диапазон изменений
<b>Системный объект</b>			
<b>03</b>	0x00	Код изделия	0x00000002: WAD-AO-BUS 0x00000003: WAD-AO6-BUS
<b>03</b>	0x02	Серийный номер изделия	
<b>03</b>	0x04	Дополнительная информация	
<b>03/10</b>	0x06	Адрес устройства	0-255
<b>03/10</b>	0x08	Сохранение в Flash текущих настроек системы	
<b>03/10</b>	0x0A	Чтение с Flash настроек системы	
<b>10</b>	0x0E	Выбор протокола обмена	0 – ObjectNet 1 – Modbus
<b>03/10</b>	0x0010	Номер версии	
<b>03</b>	0x0012	Резерв	
<b>03</b>	0x0014	Машинное время	

Код операции	Адрес регистра	Наименование параметра	Диапазон изменений
<b>Канал №1</b>			
<b>10</b>	0x10	Значение канала	
<b>03/10</b>	0x12	Нормализация (Вкл/Выкл)	
<b>03/10</b>	0x14	Диапазон измерения	
<b>03</b>	0x16	Класс точности	
<b>03</b>	0x18	Количество используемых диапазонов	
<b>10</b>	0x1C	Выбор индекса	
<b>03</b>	0x1E	Реестр используемых диапазонов	

Код операции	Адрес регистра	Наименование параметра	Диапазон изменений
<b>Канал №2</b>			
<b>10</b>	0x30	Значение канала	
<b>03/10</b>	0x32	Нормализация (Вкл/Выкл)	
<b>03/10</b>	0x34	Диапазон измерения	
<b>03</b>	0x36	Класс точности	
<b>03</b>	0x38	Количество используемых диапазонов	
<b>10</b>	0x3C	Выбор индекса	
<b>03</b>	0x3E	Реестр используемых диапазонов	



Код операции	Адрес регистра	Наименование параметра	Диапазон изменений
<b>Канал №3</b>			
<b>10</b>	0x50	Значение канала	
<b>03/10</b>	0x52	Нормализация (Вкл/Выкл)	
<b>03/10</b>	0x54	Диапазон измерения	
<b>03</b>	0x56	Класс точности	
<b>03</b>	0x58	Количество используемых диапазонов	
<b>10</b>	0x5C	Выбор индекса	
<b>03</b>	0x5E	Реестр используемых диапазонов	

Код операции	Адрес регистра	Наименование параметра	Диапазон изменений
<b>Канал №4</b>			
<b>10</b>	0x70	Значение канала	
<b>03/10</b>	0x72	Нормализация (Вкл/Выкл)	
<b>03/10</b>	0x74	Диапазон измерения	
<b>03</b>	0x76	Класс точности	
<b>03</b>	0x78	Количество используемых диапазонов	
<b>10</b>	0x7C	Выбор индекса	
<b>03</b>	0x7E	Реестр используемых диапазонов	

Регистры контроллера исправности для модуля WAD-AO-BUS

Код операции	Адрес регистра	Наименование параметра	Диапазон изменений
<b>Контроллер исправности</b>			
<b>03/10</b>	0x90	Таймаут	
<b>03/10</b>	0x92	Режим работы контроллера	
<b>03/10</b>	0x94	Номер канала	
<b>03/10</b>	0x96	Значение канала	
<b>03/10</b>	0x98	Маска каналов	

Регистры каналов 5-6 для модуля WAD-AO6-BUS

Код операции	Адрес регистра	Наименование параметра	Диапазон изменений
<b>Канал №5</b>			
<b>10</b>	0x90	Значение канала	
<b>03/10</b>	0x92	Нормализация (Вкл/Выкл)	
<b>03/10</b>	0x94	Диапазон измерения	
<b>03</b>	0x96	Класс точности	
<b>03</b>	0x98	Количество используемых диапазонов	
<b>10</b>	0x9C	Выбор индекса	
<b>03</b>	0x9E	Реестр используемых диапазонов	

Код операции	Адрес регистра	Наименование параметра	Диапазон изменений
<b>Канал №6</b>			
<b>10</b>	0xB0	Значение канала	
<b>03/10</b>	0xB2	Нормализация (Вкл/Выкл.)	
<b>03/10</b>	0xB4	Диапазон измерения	
<b>03</b>	0xB6	Класс точности	
<b>03</b>	0xB8	Количество используемых диапазонов	
<b>10</b>	0xBC	Выбор индекса	
<b>03</b>	0xBE	Реестр используемых диапазонов	

adVentex@ya.ru  
+7(499) 677-48-82

Регистры контроллера исправности для модуля WAD-AO6-BUS

Код операции	Адрес регистра	Наименование параметра	Диапазон изменений
<b>Контроллер исправности</b>			
<b>03/10</b>	0xD0	Таймаут	
<b>03/10</b>	0xD2	Режим работы контроллера	
<b>03/10</b>	0xD4	Номер канала	
<b>03/10</b>	0xD6	Значение канала	
<b>03/10</b>	0xD8	Маска каналов	

Адресное пространство регистров модуля, начиная с адреса **0x2000** доступно для чтения/записи пакетами произвольной длины, используя функции **0x03** и **0x10** соответственно. Ниже представлена карта регистров этого участка.

Адрес регистра, HEX	Название	Тип данных	Назначение
<b>Дополнительная карта регистров</b>			
<b>2000</b>	<i>Опции</i>	<i>word</i>	Определяет порядок следования байт в пакетах
<b>2001-2002</b>	<i>Температура контроллера</i>	<i>float</i>	Температура контроллера, выраженная в градусах Цельсия
<b>2003-2004</b>	<i>Канал 1</i>	<i>float</i>	Значение канала №1
<b>2005-2006</b>	<i>Канал 2</i>	<i>float</i>	Значение канала №2
<b>2007-2008</b>	<i>Канал 3</i>	<i>float</i>	Значение канала №3
<b>2009-200A</b>	<i>Канал 4</i>	<i>float</i>	Значение канала №4
<b>200B-200C</b>	<i>Канал 5</i>	<i>float</i>	Значение канала №5
<b>200D-200E</b>	<i>Канал 6</i>	<i>float</i>	Значение канала №6
<b>200F</b>	<i>Температура контроллера</i>	<i>word</i>	Температура контроллера, выраженная в градусах Цельсия и приведенная в формат word
<b>2010</b>	<i>Канал 1 (word)</i>	<i>word</i>	Значение канала №1
<b>2011</b>	<i>Канал 2 (word)</i>	<i>word</i>	Значение канала №2
<b>2012</b>	<i>Канал 3 (word)</i>	<i>word</i>	Значение канала №3
<b>2013</b>	<i>Канал 4 (word)</i>	<i>word</i>	Значение канала №4
<b>2014</b>	<i>Канал 5 (word)</i>	<i>word</i>	Значение канала №5
<b>2015</b>	<i>Канал 6 (word)</i>	<i>word</i>	Значение канала №6

Регистр опций определяет порядок следования байт во всех остальных регистрах. По умолчанию это значение равно нулю, что соответствует порядку следования 3210 для типа **float/dword** и 10 для типа **word**. Весь список вариантов рассмотрен в таблице:

Значение регистра «Опции»	Порядок следования байт для типа float	Порядок следования байт для типа word
<b>0</b>	3210	10
<b>1</b>	0123	10
<b>2</b>	1032	10
<b>3</b>	2301	10
<b>4</b>	3210	01
<b>5</b>	0123	01
<b>6</b>	1032	01
<b>7</b>	2301	01

Значение температуры доступно по двум адресам **2001..2002** и **200F**. В обоих случаях по разным адресам отображается одно и то же значение. Это сделано для удобства при работе с разными типами данных. Допустим пользователю удобно работать с типом **float**, тогда он будет использовать регистр **2001..2002**. А если пользователь будет работать с типом **word**, то в этом случае более удобно использовать регистры **200F**.

При работе с каналами устройства через регистры **2010-2015 (word)** коду **0x0000** соответствует минимальное значение физического канала, а коду **0xFFFF** максимальное значение физического канала.

Введем обозначения для нижнего значения диапазона  $V1$  и для верхнего значения диапазона  $V2$ . Тогда из формулы уравнения прямой выведем формулы для расчета коэффициентов:

- 1)  $\text{Slope} = (65535 - 0) / (V2 - V1)$ ;
- 2)  $\text{Offset} = V1$

Пример. Пусть канал имеет диапазон от  $0\text{В}$  до  $10\text{В}$ . Тогда

- 1)  $\text{Slope} = (65535 - 0) / (10 - 0) = 6553.5$ ;
- 2)  $\text{Offset} = 0$

Тогда для установки  $5\text{В}$  нужно записать в соответствующий регистр код

$$5\text{В} * \text{slope} + \text{offset} = 5 * 6553.5 + 0 = 32767$$

Тогда для установки  $7.65\text{В}$  нужно записать в соответствующий регистр код

$$7.65\text{В} * \text{slope} + \text{offset} = 7.65 * 6553.5 + 0 = 50134$$

Значение канала температуры в формате **word** вычисляется аналогичным образом. Диапазон кодов от  $0$  до  $65535$  будет соответствовать диапазону температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ . Тогда:

- 1)  $\text{Slope} = (85 - (-40)) / (65535 - 0) = 0.00190737$
- 2)  $\text{Offset} = -40$

Если прочитанный код температуры равен  $32763$ , то в градусах Цельсия это будет соответствовать значению  $22.49^{\circ}\text{C}$ .

Адресное пространство WAD-AO-BUS аналогично пространству WAD-AO6-BUS. Регистры имеют то же назначение, и отличием является только меньшее количество каналов вывода. Карта пространства приведена в таблице.

Адрес регистра, HEX	Название	Тип данных	Назначение
<b>Дополнительная карта регистров</b>			
<b>2000</b>	<i>Опции</i>	<i>word</i>	Определяет порядок следования байт в пакетах
<b>2001-2002</b>	<i>Температура контроллера</i>	<i>float</i>	Температура контроллера, выраженная в градусах Цельсия
<b>2003-2004</b>	<i>Канал 1</i>	<i>float</i>	Значение канала №1
<b>2005-2006</b>	<i>Канал 2</i>	<i>float</i>	Значение канала №2
<b>2007-2008</b>	<i>Канал 3</i>	<i>float</i>	Значение канала №3
<b>2009-200A</b>	<i>Канал 4</i>	<i>float</i>	Значение канала №4
<b>200B</b>	<i>Температура контроллера</i>	<i>word</i>	Температура контроллера, выраженная в градусах Цельсия и приведенная в формат word
<b>200C</b>	<i>Канал 1 (word)</i>	<i>word</i>	Значение канала №1
<b>200D</b>	<i>Канал 2 (word)</i>	<i>word</i>	Значение канала №2
<b>200E</b>	<i>Канал 3 (word)</i>	<i>word</i>	Значение канала №3
<b>200F</b>	<i>Канал 4 (word)</i>	<i>word</i>	Значение канала №4

Регистр опций определяет порядок следования байт во всех остальных регистрах. По умолчанию это значение равно нулю, что соответствует порядку следования 3210 для типа **float/dword** и 10 для типа **word**. Весь список вариантов рассмотрен в таблице:

Значение регистра «Опции»	Порядок следования байт для типа float	Порядок следования байт для типа word
<b>0</b>	3210	10
<b>1</b>	0123	10
<b>2</b>	1032	10
<b>3</b>	2301	10
<b>4</b>	3210	01
<b>5</b>	0123	01
<b>6</b>	1032	01
<b>7</b>	2301	01

Значение температуры доступно по двум адресам **2001..2002** и **200B**. В обоих случаях по разным адресам отображается одно и то же значение. Это сделано для удобства при работе с разными типами данных. Допустим пользователю удобно работать с типом float, тогда он будет использовать регистр **2001..2002**. А если пользователь будет работать с типом word, то в этом случае более удобно использовать регистры **200B**.

При работе с каналом температуры через регистр **200B** нужно учитывать что коду **0x0000** соответствует температура контроллера -40°C, а коду **0xFFFF** температура +120°C.

Введем обозначения для нижнего значения диапазона  $V1$  и для верхнего значения диапазона  $V2$ . Тогда из формулы уравнения прямой выведем формулы для расчета коэффициентов:

- 3)  $Slope = (65535 - 0) / (V2 - V1)$ ;
- 4)  $Offset = V1$

Пример. Пусть канал имеет диапазон от 0В до 10В. Тогда

- 3)  $Slope = (65535 - 0) / (10 - 0) = 6553.5$ ;
- 4)  $Offset = 0$

Тогда для установки 5В нужно записать в соответствующий регистр код

$$5В * slope + offset = 5 * 6553.5 + 0 = 32767$$

Тогда для установки 7.65В нужно записать в соответствующий регистр код

$$7.65В * slope + offset = 7.65 * 6553.5 + 0 = 50134$$

Значение канала температуры в формате **word** вычисляется аналогичным образом. Диапазон кодов от 0 до 65535 будет соответствовать диапазону температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ . Тогда:

- 3)  $Slope = (85 - (-40)) / (65535 - 0) = 0.00190737$
- 4)  $Offset = -40$

Если прочитанный код температуры равен 32763, то в градусах Цельсия это будет соответствовать значению  $22.49^{\circ}\text{C}$ .

