

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение.....</b>	<b>4</b>
<b>1. Устройства связи с объектом, модули и многофункциональные платы ввода-вывода фирмы Advantech .....</b>	<b>5</b>
1.1. Введение .....	5
1.2. Модули нормализации и гальванической развязки серии ADAM-3000.....	6
1.3. Устройства удаленного сбора данных и управления серии ADAM-4000 .....	10
1.4. Контроллеры сбора данных и управления ADAM-5000 .....	24
1.5. Многофункциональные платы ввода – вывода, совместимые с шиной PCI .....	34
1.6. Многофункциональные платы ввода – вывода, совместимые с шиной ISA .....	40
1.7. Многофункциональная плата ввода–вывода PCL-724 .....	46
<b>2. Лабораторный практикум .....</b>	<b>55</b>
2.1. Лабораторная работа №1. Аналого-цифровое преобразование информации, поступающей с датчиков технологического оборудования .....	55
2.2. Лабораторная работа №2. Управление приводом вращательного движения технологического оборудования.....	70
2.3. Лабораторная работа №3. Прием и обработка информации, поступающей с датчика угловых перемещений .....	90
2.4. Лабораторная работа №4. Управление приводом линейного перемещения технологического оборудования .....	98
<b>3. Программирование работы оборудования в Delphi.....</b>	<b>109</b>
3.1. Лабораторная работа №1. Работа с 8 – канальным АЦП .....	109
3.2. Лабораторная работа №2. Управление электрической заслон кой.....	144
<b>Список литературы.....</b>	<b>246</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие техники систем управления технологическими процессами, технологическим оборудованием соизмеримо с темпами развития компьютерной техники. Каждый год фирмы объявляют о появлении новых достижений в этой области. Это – новые модули, новые сетевые решения, новые языки программирования, новые SCADA– системы.

То, что вчера было новым и современным, сейчас уже освоено и «плетется в хвосте» новых концепций. Однако имеется ряд направлений развития компьютерной техники управления в промышленном производстве, которые за годы остались конкурентоспособными. Они и рассмотрены в данной работе. К ним относятся:

- многофункциональные платы ввода-вывода;
- распределенные системы управления на базе модулей ввода-вывода ADAM-4000;
- распределенные системы управления на базе промышленных контроллеров ADAM-5000.

Эти три направления в настоящее время не только не конкурируют, но и дополняют друг друга.

В работе выполнен обзор многофункциональных плат ввода вывода, совместимых как с шиной PCI, так и со «старой» шиной ISA. Такие платы используются, когда компьютер и промышленная установка находятся на небольшом расстоянии друг от друга. Программирование ведется на языках высокого уровня.

Использование «интеллектуальных» модулей ввода-вывода ADAM-4000 целесообразно, когда объект управления сложен и территориально распределен. Однако роль модулей здесь сводится лишь к вопросам приема, нормализации входных сигналов. Прием входной информации, поступающей с объекта, и выдача управляющей информации осуществляется централизованно под управлением контроллера сети. В роли контроллера сети обычно выступает персональный компьютер, промышленный компьютер (персональный компьютер в промышленном исполнении) или рабочая станция. Программирование: традиционное или с использованием специализированных языков программирования.

Третья концепция предполагает наличие двухуровневой разветвленной сети на основе стандарта RS-485. На верхнем уровне находится набор персональных, промышленных компьютеров и/или рабочих станций. Нижний уровень представлен промышленными контроллерами. В данной работе – это ADAM-5000.

Пособие содержит лабораторный практикум, в котором рассмотрены вопросы программного управления от персонального компьютера различными лабораторными макетами с использованием многофункциональной платы ввода-вывода PCL-724. Приведены примеры программирования как на языке Pascal, так и в среде визуального программирования Delphi.

# 1. УСТРОЙСТВА СВЯЗИ С ОБЪЕКТОМ, МОДУЛИ И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПЛАТЫ ВВОДА-ВЫВОДА ФИРМЫ ADVANTECH

## 1.1. Введение

Неотъемлемой частью любой автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) являются устройства связи с объектом (УСО), назначение которых заключается в сопряжении датчиковой аппаратуры и исполнительных механизмов контролируемого объекта и/или технологического процесса с вычислительными средствами системы. Как правило, на УСО возлагаются следующие функции:

- **Нормализация аналогового сигнала** – приведение границ шкалы первичного непрерывного сигнала к одному из стандартных диапазонов входного сигнала аналого-цифрового преобразователя измерительного канала. Наиболее распространены следующие диапазоны: 0 В..+ 5 В; -5 В.. +5 В; 0 В .. +10 В.
- **Предварительная низкочастотная фильтрация аналогового сигнала** – ограничение полосы частот первичного непрерывного сигнала с целью снижения влияния на результат измерения помех различного происхождения. На промышленных объектах наиболее распространены помехи с частотой сети переменного тока, а также хаотические импульсные помехи, вызванные влиянием на технические средства измерительного канала переходных процессов и наводок при коммутации исполнительных механизмов повышенной мощности.
- **Обеспечение гальванической изоляции** между источником аналогового или дискретного сигнала и измерительным и/или статусным каналами системы. В равной степени это относится к изоляции между каналами дискретного вывода системы и управляемым силовым оборудованием. Кроме защиты выходных и входных цепей гальваническая изоляция позволяет снизить влияние на систему помех по цепям заземления за счет полного разделения «Общего» провода вычислительной системы и контролируемого оборудования. Отсутствие гальванической изоляции допускается только в технически обоснованных случаях.

Кроме перечисленных функций, ряд УСО может выполнять более сложные задачи за счет наличия в их составе подсистемы аналого – цифрового преобразования и дискретного ввода – вывода, микропроцессора и средств организации одного из интерфейсов последовательной передачи данных.

Этот раздел содержит обзор технических средств, производимых фирмой **Advantech**, которые предназначены для построения нижнего уровня АСУ ТП, в том числе территориально распределенных.

## 1.2. Модули нормализации и гальванической развязки серии ADAM-3000

Модули серии ADAM-3000 предназначены для нормализации аналоговых сигналов датчиков и гальванической изоляции каналов аналогового ввода-вывода информационно-измерительных систем и систем управления. Каждый модуль представляет собой функционально законченное устройство, заключенное в пластмассовый корпус и оснащенное клеммными соединителями с винтовой фиксацией для подключения входных и выходных цепей. Габаритные размеры модуля 101,0. 93,5. 23,2 мм (высота модуля приведена с учетом несущего рельса). Внешний вид модуля и способы его установки показаны на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Модули ADAM-3000

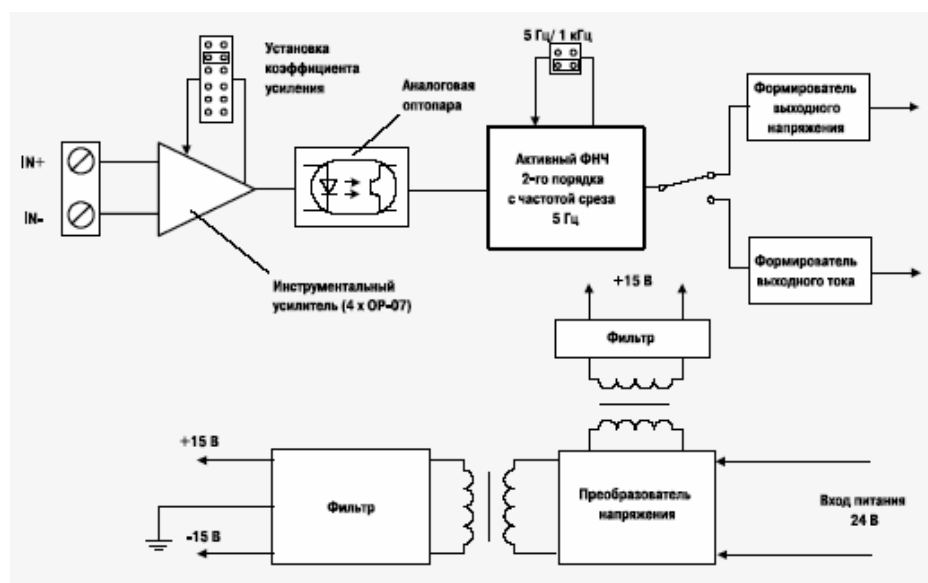


Рис. 1.2. Структурная схема модуля ADAM-3012

Модули серии ADAM-3000 имеют ряд отличий от изделий аналогичного назначения других производителей:

- для установки модулей не требуется специальных объединительных плат; установка производится на стандартный несущий DIN-рельс 35.7,5 мм;
- тип и диапазон входного сигнала задаются при помощи миниатюрных переключателей, расположенных под монтажным кронштейном;
- модули имеют относительно невысокую стоимость в сравнении с изделиями подобного назначения других производителей.

Питание модулей осуществляется напряжением 24 В постоянного тока. Диапазон рабочих температур от 0 до 70°C (кроме ADAM-3011).

Структурная схема модуля нормализации аналогового сигнала ADAM-3012 показана на рис. 1.2.

### **Модуль гальванически изолированного ввода сигнала термопары ADAM-3011**

Типы термопар, диапазоны измерения температуры и абсолютная погрешность при нормальных условиях:

- J 0...760°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ),
- K 0...1000°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ),
- T -100...400°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ),
- E 0...1000°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ),
- R 500...1750°C ( $\pm 4^\circ\text{C}$ ),
- S 500...1750°C ( $\pm 4^\circ\text{C}$ ),
- B 500...1800°C ( $\pm 4^\circ\text{C}$ ).



Основные параметры модуля:

- диапазон выходного напряжения 0 В...+10 В;
- выходное сопротивление 0,5 Ом;
- напряжение изоляции 1000 В постоянного тока;
- коэффициент ослабления синфазной составляющей помехи на частоте 50 Гц не менее 115 дБ;
- диапазон рабочих температур от 0 до 50°C;
- потребляемая мощность 1,4 Вт.

### **Модуль гальванически изолированного аналогового ввода ADAM-3012**

Параметры входа в режиме измерения напряжения:

- диапазон входного сигнала в режиме дифференциального ввода:  $\pm 10$  мВ,  $\pm 50$  мВ,  $\pm 500$  мВ,  $\pm 2,5$  В,  $\pm 5$  В;
- диапазон входного сигнала в режиме однополярного ввода: 0..20 мВ, 0..100 мВ, 0..1 В, 0..5 В, 0..10 В;
- входное сопротивление 800 кОм;

- полоса пропускания 5 Гц, 1000 Гц (устанавливается при помощи переключателя).

Параметры входа в режиме измерения тока:

- диапазон входного сигнала в режиме дифференциального ввода:  $\pm 20$  мА;
- диапазон входного сигнала в режиме однополярного ввода: 0...20 мА;
- входное сопротивление 250 Ом.

Параметры выхода в режиме формирования напряжения:

- диапазон выходного сигнала в режиме дифференциального вывода  $\pm 5$  В;
- диапазон выходного сигнала в режиме однополярного вывода 0...10 В;
- выходное сопротивление не более 50 Ом;
- максимальный ток нагрузки 10 мА.

Параметры выхода в режиме формирования тока:

- диапазон выходного сигнала 0...20 мА;
- сопротивление нагрузки от 0 до 500 Ом;
- напряжение изоляции 1000 В постоянного тока;
- основная погрешность не хуже  $\pm 0,1\%$  полной шкалы;
- температурный коэффициент смещения нуля  $\pm 177,7$  мкВ/°С;
- коэффициент ослабления синфазной составляющей помехи на частоте 50 Гц не менее 100 дБ;
- потребляемая мощность 0,85 Вт.



### **Модуль гальванически изолированного ввода сигнала термометра сопротивления ADAM-3013**

Типы термометров сопротивления, диапазоны измерения температуры:

- платина -100...100°С  $\alpha=0,00385$ ,
- платина 0...100°С  $\alpha=0,00385$ ,
- платина 0...200°С  $\alpha=0,00385$ ,
- платина 0...600°С  $\alpha=0,00385$ ,
- платина -100...0°С  $\alpha=0,00385$ ,
- платина -100...200°С  $\alpha=0,00385$ ,
- платина -50...50°С  $\alpha=0,00385$ ,
- платина -50...150°С  $\alpha=0,00385$ ,
- платина -100...100°С  $\alpha=0,00392$ ,
- платина 0...100°С  $\alpha=0,00392$ ,
- платина 0...200°С  $\alpha=0,00392$ ,
- платина 0...600°С  $\alpha=0,00392$ ,
- никель -80...100°С,
- никель 0...100°С;

Основные параметры:

- входное сопротивление 2 МОм;
- полоса пропускания 5 Гц;
- диапазон выходного сигнала: 0...10 В, 0...5 В, 0...20 мА;
- выходное сопротивление не более 5 Ом;
- напряжение изоляции 1000 В постоянного тока;
- основная погрешность:
  - в режиме формирования напряжения не хуже  $\pm 0,1\%$  полной шкалы,
  - в режиме формирования тока не хуже  $\pm 0,2\%$  полной шкалы;
- тип присоединения термометра сопротивления: 2-, 3-, 4-проводное;
- потребляемая мощность 0,95 Вт.

#### **Модуль гальванически изолированного ввода сигнала датчика силы ADAM-3016**

- диапазон входного сигнала:  $\pm 15$  мВ,  $\pm 30$  мВ,  $\pm 100$  мВ;
- возбуждение 3...10 В;
- диапазон выходного сигнала: 0...5 В, 0...10 В, 0...20 мА;
- напряжение изоляции 1000 В постоянного тока;
- основная погрешность 0,05% полной шкалы;
- потребляемая мощность 2,15 Вт.

#### **Модуль гальванически изолированного аналогового вывода ADAM-3021**

Параметры выхода в режиме формирования напряжения:

- диапазон входного сигнала:  $\pm 5$  В,  $\pm 10$  В;
- диапазон выходного сигнала:  $\pm 10$  В.

Параметры входа в режиме формирования тока:

- диапазон входного сигнала: 0..5 В, 0..10 В, 0..20 мА,
- диапазон выходного сигнала: 1..5 В, 2..10 В, 4..20 мА.

Основные параметры:

- полоса пропускания 1000 Гц;
- выходное сопротивление не более 50 Ом;
- сопротивление нагрузки от 0 до 500 Ом;
- напряжение изоляции 1000 В постоянного тока;
- основная погрешность не хуже  $\pm 0,1\%$  полной шкалы;
- температурный коэффициент смещения нуля  $\pm 177,7$  мкВ/°С;
- коэффициент ослабления синфазной составляющей помехи на частоте 50 Гц не менее 100 дБ;
- потребляемая мощность 0,85 Вт.



### 1.3. Устройства удаленного сбора данных и управления серии ADAM-4000

#### Назначение

Модули серии ADAM-4000 предназначены для организации взаимодействия между вычислительной системой и датчиками непрерывных и дискретных параметров, а также для выдачи управляющих воздействий на исполнительные механизмы. Каждый модуль представляет собой функционально законченное устройство, заключенное в пластмассовый корпус. Габаритные размеры модуля 112.60.25 мм. Внешний вид модулей и способы их монтажа представлены на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Внешний вид модулей серии ADAM-4000 и способы их установки

Модули обеспечивают выполнение следующих основных функций:

- прием и дешифрацию команд по каналу RS – 485;
- ввод и нормализацию аналоговых сигналов (ток, напряжение);
- опрос состояния дискретных входов;
- фильтрацию аналоговых и дискретных входных сигналов;
- вывод аналоговых (ток, напряжение) и дискретных сигналов;
- для модулей аналогового ввода аналого–цифровое преобразование (далее – АЦ–преобразование);
- для модулей аналогового вывода цифро–аналоговое преобразование (далее – ЦА–преобразование);
- преобразование шкалы значений непрерывных параметров в предварительно заданные единицы измерения;
- после получения соответствующего запроса по каналу RS–485 формирование и передача в адрес основной вычислительной системы инфор-

мации, содержащей результат измерения или состояние дискретных входов.

Модули аналогового ввода и вывода имеют гальваническую изоляцию между цепями, реализующими функции нормализации, низкочастотной фильтрации и АЦ/ЦА–преобразования, и встроенным микропроцессором.

Настройка и калибровка модулей осуществляется программным способом путем передачи в их адрес соответствующих команд по информационной сети на основе интерфейса RS–485.

Параметры конфигурации модулей:

- скорость обмена по последовательному каналу связи,
- наличие проверки контрольной суммы в принятом сообщении,
- диапазон изменения входного сигнала и его размерность,
- вид представления измеренных значений при передаче в адрес основной вычислительной системы,
- верхнее и нижнее предельные значения входного сигнала, по которым производится автоматическое управление дискретными выходами.

Параметры сохраняются во встроенном репрограммируемом ПЗУ с электрической записью/стиранием. Питание модулей осуществляется напряжением +10 В ..30 В постоянного тока. Допускаемый размах пульсаций напряжения питания составляет  $\pm 5$  В при условии пребывания его значения в указанных пределах.

### **Общие технические характеристики**

Общие технические характеристики модулей серии ADAM-4000 приведены в табл. 1.1. Основная вычислительная система – контроллер сети (КС) осуществляет сбор информации и управление промышленным оборудованием через модули. Взаимодействие между КС и модулями, объединенными в сеть, осуществляется путем последовательной передачи из КС в адрес каждого модуля:

- запроса, содержащего префикс типа команды,
- символьного представления сетевого адреса запрашиваемого модуля,
- числа, соответствующего подтипу команды,
- символа «возврат каретки».

Для программного обеспечения КС выдача запроса означает вывод строки символов в последовательный порт. При получении команды встроенное программное обеспечение модуля ADAM производит проверку ее корректности и идентификацию. После этого модуль посылает в адрес КС запрашиваемую информацию в виде строки символов.

Информационная сеть модулей серии ADAM-4000 строится на базе интерфейса RS-485.

Возможные варианты объединения модулей ADAM-4000 в информационно-измерительную сеть показаны на рис. 1.4.

**Таблица 1.1.**

Протокол физического уровня	EIA RS-485
Линия передачи	Симметричная экранированная витая пара. Волновое сопротивление (100-120) Ом, погонная емкость (20-40) пФ/м
Скорость передачи, бит/с	1200, 2400, 4800, 9600, 19200
Длина сегмента сети, м	1200
Количество модулей в пределах сегмента	32
Максимальное количество модулей в сети	255
Протокол канального уровня	Символьный ASCII с непосредственной адресацией абонентов
Достоверность	Контрольная сумма длиной 2 байта
Режим обмена данными	Асинхронный, полудуплексный, 1 старт-бит, 1 стоп-бит, 8 бит данных, без контроля четности
Протокол прикладного уровня	Символьный ASCII
Условия эксплуатации:	
диапазон рабочих температур	-10...70°C
диапазон температур хранения	-25...85°C
относительная влажность воздуха	5...95% при 25°C без конденсации влаги

### **Модули аналогового и дискретного ввода-вывода**

Принцип функционирования модулей аналогового ввода рассмотрим на примере модуля ADAM-4012, который имеет

- один дифференциальный аналоговый вход,
- один дискретный вход счетчика внешних событий,
- два дискретных выхода, позволяющих осуществлять управление (включение и отключение) исполнительными механизмами при выходе значения измеряемого параметра за пределы предварительно установленного диапазона.

Структурная схема модуля аналогового ввода ADAM-4012 приведена на рис. 1.5.

Входной сигнал, присутствующий на дифференциальном входе модуля, поступает на малошумящий инструментальный усилитель с программируемым коэффициентом усиления. Коэффициент усиления может принимать значение от 1 до 128. Далее сигнал, напряжение которого лежит в диапазоне от -2,5 В..+2,5 В, подвергается низкочастотной фильтрации в фильтре низких частот с граничной частотой, равной 10 Гц, и поступает на вход сигма-дельта АЦП. Результат АЦП-преобразования через цепи оптоизоляции поступает во встроенный микропроцессор. Программное обеспечение микропроцессора выполняет следующие функции:

- сравнение значения входного сигнала с предварительно заданными верхним и нижним предельными значениями и управление (включение или отключение) соответствующими дискретными выходами в случае достижения входным сигналом уровня, выходящего за пределы заданного диапазона;