



Виктор Половинкин

## Основные понятия и базовые компоненты AS-интерфейса

В статье рассматривается промышленная сеть «AS-интерфейс», предназначенная для использования на самом нижнем уровне АСУ ТП. Обзор основных компонентов AS-интерфейса дает представление не только об их взаимодействии, но и об алгоритмах работы сети в целом. Показаны относительная простота, надежность и эффективность реализации структуры AS-интерфейса.

### ВВЕДЕНИЕ

Посещая ежегодно международную выставку Hannover Messe, я заметил, как много компаний предлагает оборудование для AS-интерфейса, насколько высока его популярность у европейских специалистов по автоматизации и как мало интересуются данным оборудованием в нашей стране. Наверное, в первую очередь это связано, судя по примерам применения AS-интерфейса в Германии, с невысокими темпами восстановления и развития отечественного машиностроения. А кроме того, этому безусловно способствуют ничтожно малое количество статей в российской технической прессе и полное отсутствие книг по данной тематике. Такая ситуация и привела к решению более подробно ознакомиться с AS-интерфейсом широкий круг специалистов в области АСУ ТП.

### Историческое прошлое

В середине восьмидесятых годов уже прошлого века многие машиностроительные предприятия Советского Союза под руководством ЦК КПСС и под контролем местных партийных органов начали активно внедрять гибкие производственные системы (ГПС). Партийное руководство надеялось таким образом изменить ситуацию с отставанием машиностроительного ком-

плекса страны от ведущих западных государств, прежде всего по выпуску качественной продукции. Мы же, тогда молодые инженеры, смело кинулись в бой, чтобы показать и доказать, что для молодости не существует никаких преград, в том числе и технического характера. До сих пор я вспоминаю с содроганием сотни контактных датчиков, связанных толстыми жгутами проводников с мини- или микроЭВМ через параллельные порты. Роботами управляли программы, записанные на бытовые магнитофонные кассеты МК-60, а программное обеспечение технологической ячейки ГПС хранилось на 5,25" дискетах.

Часто инструментом отладки у программиста того времени был обыкновенный лом, которым приходилось подправлять контейнер с заготовками или готовыми деталями, помогая манипулятору установить его в соответствующую ячейку склада и т.п.

Видимо, развитие техники не зависит от политических пристрастий.

С задачей упрощения структуры кабельного хозяйства и минимизацией затрат на технические средства и монтажные работы столкнулись и зарубежные инженеры, несмотря на обладание более качественной и надежной вычислительной техникой. В начале 90-х годов образовался консорциум из

11 немецких фирм для разработки технических требований к очень простому последовательному интерфейсу, обеспечивающему передачу информации между дискретными датчиками и управляющим вычислительным устройством. В 1994 году для созданного в результате совместной разработки AS-интерфейса началось серийное производство специализированных микросхем. Первыми крупнейшими потребителями систем, построенных на базе AS-интерфейса, стали предприятия автомобильной индустрии.

### НАЗНАЧЕНИЕ, АРХИТЕКТУРА, ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

AS-интерфейс, или AS-i (Actuators/Sensors interface — интерфейс исполнительных устройств и датчиков) является открытой промышленной сетью нижнего уровня систем автоматизации, которая предназначена для организации связи с исполнительными устройствами и датчиками в соответствии с требованиями европейских нормативов EN 50295 и международного стандарта IEC 62026-2 [1], [2].

В существовавших ранее решениях для подключения дискретных датчиков и исполнительных механизмов к управляющему устройству использовалось множество кабельных соединений

(жгут), так как каждое такое устройство подключалось к модулю ввода-вывода управляющего устройства отдельной парой проводников. При этом затраты на приобретение кабельной продукции, на ее монтаж и эксплуатацию были очень велики. AS-интерфейс позволяет решить задачу подключения датчиков и приводов к системе управления на основе построения сети с использованием одного двухжильного кабеля, с помощью которого обеспечивается как питание всех сетевых устройств, так и опрос датчиков и выдача команд на исполнительные механизмы.

Оболочка кабеля AS-интерфейса имеет специальный профиль, исключая возможность неправильного подключения сетевых компонентов. Большая часть сетевых компонентов подключается к кабелю методом прокалывания изоляции, и сделать это можно практически в любой точке соединительного кабеля, что обеспечивает гибкость сетевой архитектуры и сокращает сроки монтажа. Наряду с профилированным кабелем используется и круглый кабель, ориентированный на специальные модули.

При наличии в системе специальных модулей AS-интерфейс позволяет подключать к системе управления обычные широко распространенные на рынке датчики и исполнительные механизмы. Следующим шагом в развитии сетевых технологий на базе AS-интерфейса стало включение интеграль-

ных микросхем ведомого устройства непосредственно в электронную часть датчиков и исполнительных механизмов. Для таких интеллектуальных устройств становится возможной реализация удаленного параметрирования и диагностики без использования дополнительных связей.

Гибкость управления системой достигается за счёт применения различных ведущих устройств. Функции ведущих устройств могут выполнять программируемые логические контроллеры, промышленные компьютеры или модули связи с сетями более высокого уровня — ModBus, Interbus, CANopen, PROFIBUS, DeviceNet (рис. 1).

Локальная вычислительная система низкого уровня на базе AS-интерфейса может иметь только одно ведущее устройство (master). До недавнего времени к нему можно было подключить 31 ведомое устройство (slave). По новой спецификации версии 2.1 стандарта на AS-интерфейс, появившейся весной 2000 года, количество ведомых устройств в одной сети увеличено до 62 за счёт разделения адресного пространства ведущего сетевого устройства на две подобласти: А и В.

В AS-интерфейсе более ранних версий каждое ведомое устройство могло иметь до 4 входов и 4 выходов. Так называемые А/В-устройства (устройства, адресуемые в соответствии со спецификацией версии 2.1) могут иметь до 4 входов и 3 выходов. Соответствующее максимальное число входов и вы-

ходов, а также другие технические данные системы на базе AS-интерфейса приведены в табл. 1.

AS-интерфейс использует метод доступа к ведомым устройствам, основанный на их циклическом опросе (polling). При опросе системы, состоящей из 31 ведомого устройства, время цикла составляет 5 мс. Таким образом, не позднее чем через каждые 5 мс каждый датчик или исполнительный механизм системы будет опрошен ведомым устройством.

Если в AS-интерфейсе версии 2.1 используются только ведомые устройства подобласти адресного пространства А или В, то время цикла опроса также не превышает 5 мс. В случае использования всего адресного пространства, доступного для данной версии, ведомые устройства подобластей А и В обслуживаются по очереди: в первом цикле производится опрос ведомых устройств подобласти А, во втором — подобласти В, и в такой последовательности циклический процесс опроса повторяется далее. Таким образом, в этом случае суммарное время обслуживания всех ведомых устройств не превышает 10 мс.

Обслуживание ведомых А/В-устройств способны выполнять только ведущие сетевые устройства, поддерживающие спецификацию версии 2.1. Устройства, не поддерживающие данную версию, способны обслуживать не более 31 ведомого устройства (подобласть адресного пространства А).

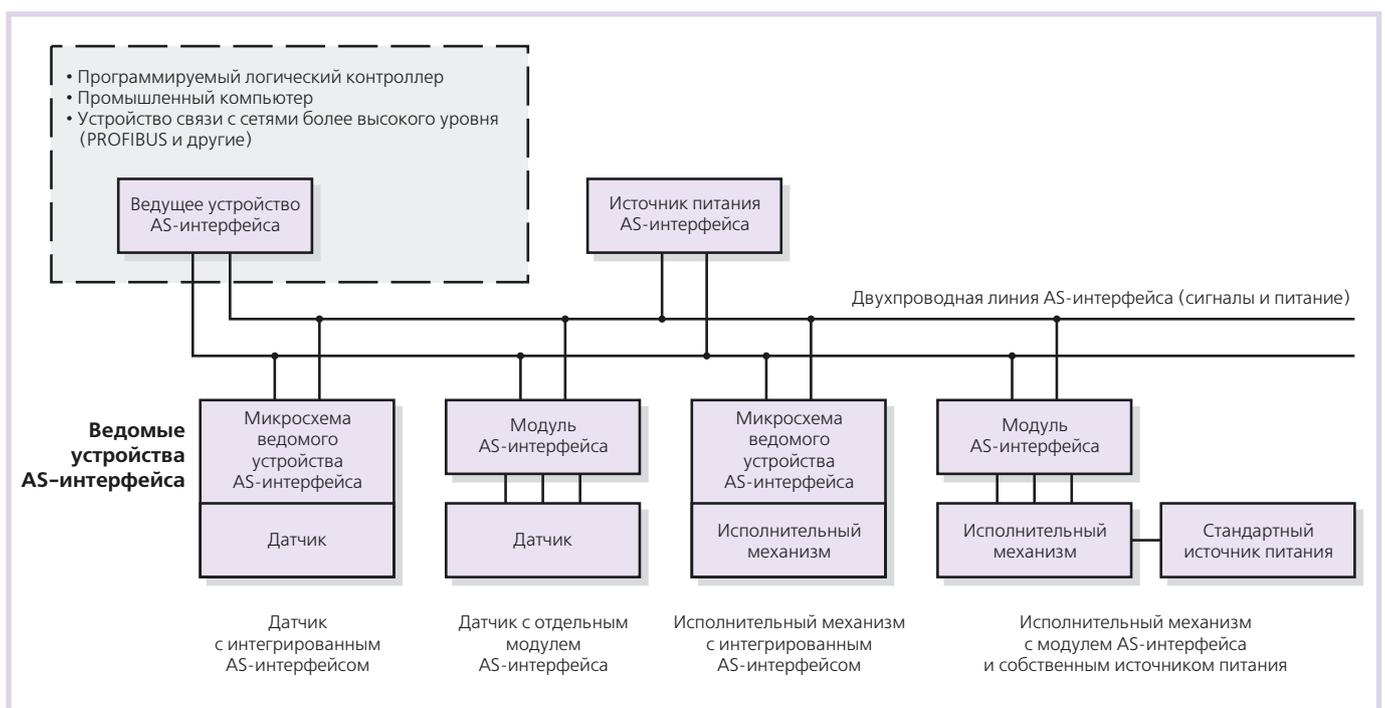


Рис. 1. Схема подключения устройств к AS-интерфейсу

Таблица 1. Технические данные системы на базе AS-интерфейса

|  |   |  |
|--|---|--|
| Топология  | Магистральная, древовидная, звездообразная и др.  |  |
| Число ведомых устройств                                | Спецификация версии 2.0   | Спецификация версии 2.1  |
|  | До 31   | До 62  |
| Число подключаемых датчиков и исполнительных устройств | До 4 датчиков и 4 исполнительных устройств на одно ведомое устройство<br>До 124 датчиков и 124 исполнительных устройств на сегмент (одно ведущее устройство)                              | До 4 датчиков и 3 исполнительных устройств на одно ведомое устройство<br>До 248 датчиков и 186 исполнительных устройств на сегмент (одно ведущее устройство) |
| Максимальная протяженность линии связи                 | Без повторителей/расширителей до 100 м<br>С повторителями/расширителями до 300 м  |  |
| Линия связи  | Двужильный кабель (2×1,5мм <sup>2</sup> ) специального профиля без экрана, невитой, для одновременной передачи данных и питания   |  |
| Метод подключения                                      | Подключение сетевых устройств выполняется методом прокалывания изоляции кабеля AS-интерфейса  |  |
| Электропитание   | Через шину AS-интерфейса: 2,8 А (ном.), 8 А (макс.)/29,5...31,6 В   |  |
| Скорость передачи данных                               | До 53 кбит/с при общей пропускной способности 167 кбит/с  |  |
| Структура сообщений                                    | Одноадресное сообщение ведущего устройства с прямым ответом ведомого устройства   |  |
| Время цикла при 31 ведомом устройстве                  | Не превышает 5 мс (задержка на одно ведомое устройство — порядка 0,15 мс)   |  |
| Время цикла при 62 ведомых устройствах                 | Не превышает 10 мс  |  |
| Коррекция ошибок                                       | Идентификация ошибок и повторный запрос со стороны ведущего устройства  |  |
| Метод доступа  | Циклический опрос (сканирование) ведомых устройств, циклическая передача данных в память центрального процессора контроллера/компьютера или пересылка в обратном направлении              |  |
| Функции управления ведущего устройства                 | Инициализация сети, идентификация ведомых устройств, ациклическая передача значений параметров ведомым устройствам, диагностика передачи данных и ведомых устройств, сообщения об ошибках |  |
| Степень защиты оборудования системы                    | До IP67   |  |

Топология сети AS-интерфейса очень проста и позволяет подключать ведомые устройства по схемам «шина», «звезда», «кольцо» или «дерево» (рис. 2). Единственный пункт, который необходимо учитывать, — это ограничение общей длины кабеля 100 м. Под общей длиной понимается сумма

длин всех ветвей сегмента сети, обслуживаемого одним ведущим устройством. Специальный расширитель позволяет удлинить кабель или разделить ветвь на группы. Если требуется большая длина кабеля, то можно использовать до двух повторителей, что обеспечит надежное соединение при сум-

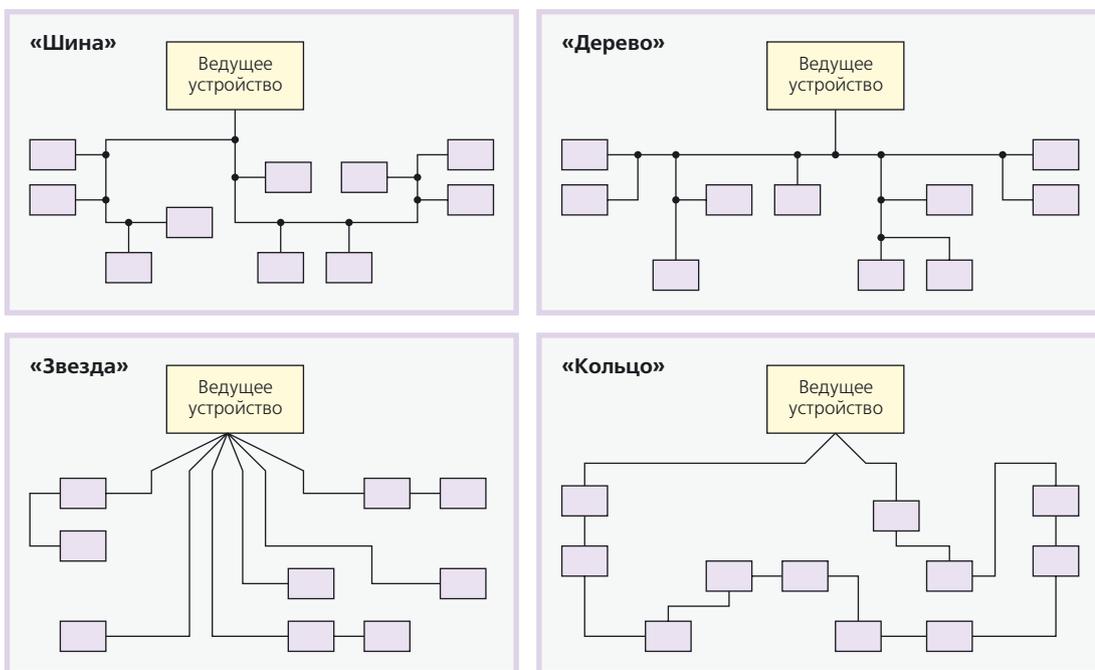


Рис. 2. Различные формы топологии сети AS-интерфейса

марной протяженности линий связи до 300 м. При этом необходимо учитывать, что каждый сегмент требует отдельного источника электропитания.

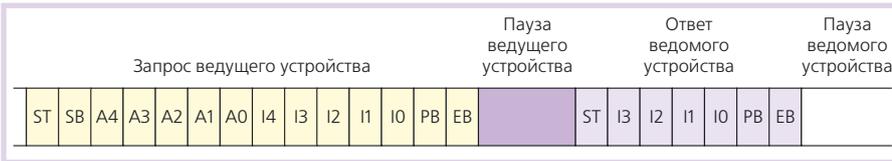
Для сетевых устройств должны использоваться только специальные источники, предназначенные для работы с AS-интерфейсом.

### ПОСТРОЕНИЕ ПРОТОКОЛА, ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ И МОДУЛЯЦИЯ

Протокол AS-интерфейса (рис. 3) состоит из запроса ведущего устройства, паузы ведущего устройства, ответа ведомого устройства и, соответственно, паузы ведомого устройства. Все запросы ведущего устройства имеют длину 14 бит, все ответы ведомого устройства занимают 7 бит. При этом период времени передачи одного бита составляет 6 мкс. Пауза ведущего устройства может занимать по времени от 3 до 10 тактов передачи бита. Если ведомое устройство было синхронизировано, то есть приняло сообщение ведущего устройства и ответило, то это позволяет начать передачу ответа ведомого устройства через 3 такта. Если ведомое устройство не было синхронизировано, например, это первый запрос в адрес данного ведомого устройства или запрос после воздействия помехи, то требуется на два такта больше, чем это было необходимо в первом случае. Если ведущее устройство после 10 тактов не приняло стартовый бит ответа ведомого устройства, можно сделать заключение, что ответ не проходит, и ведущее устройство может послать следующий запрос, например, ведомому устройству с более высоким адресом.

Дополнительную информацию о назначении и состоянии битов запроса ведущего устройства и ответа ведомого устройства содержат табл. 2 и 3.

В табл. 4 представлены все допустимые запросы/команды ведущего устройства. Все другие кодовые комбинации в настоящий момент недопустимы,



Условные обозначения: ST — стартовый бит; SB — управляющий бит; A4...A0 — адрес ведомого устройства; I4...I0 — информационная часть (данные) от ведущего устройства к ведомому и от ведомого к ведущему; PB — бит паритета; EB — признак конца телеграммы (конечный бит).

Рис. 3. Структура протокола AS-интерфейса

хотя они зарезервированы для использования в будущем.

- Запрос и запись данных осуществляется с помощью команды «Data Exchange». Этот запрос ведущего устройства используется, чтобы передать последовательность битов на выходы данных запрашиваемого ведомого устройства и затем прочитать ответ ведомого устройства, содержащий биты логического состояния входов данных ведомого устройства. Направление порта данных ведомого устройства (вход, выход, двунаправленный порт) за-

дается при установке конфигурации ввода-вывода.

- Команда «Запустить параметр» («Write Parameter»). Эта команда ведущего устройства устанавливает выходы параметров ведомого устройства.
- Команда «Присвоение адреса» («Address Assignment»). Данная команда позволяет ведущему устройству устанавливать новое значение адреса ведомого устройства.
- Команда «Сброс ведомого устройства» («Reset Slave»).

Таблица 2. Биты запроса ведущего устройства (master)

|         |                 |  |
|---------|-----------------|--|
| ST      | Стартовый бит   | Маркирует начало запроса ведущего устройства:<br>0 — действительный стартовый бит,<br>1 — не допускается                 |
| SB      | Управляющий бит | Обозначает тип запроса (запрос данных, параметра и т.п.):<br>0 — запрос данных, параметра, адреса,<br>1 — запрос команды |
| A0...A4 | Адрес           | Адрес вызываемого ведомого устройства (5 разрядов)   |
| I0...I4 | Информация      | 5 информационных разрядов, соответствующих типу запроса (параметр, команда)  |
| PB      | Бит паритета    | Сумма всех «1» в запросе ведущего устройства должна быть чётной  |
| EB      | Конечный бит    | Формирует конец запроса ведущего устройства:<br>0 — не допускается,<br>1 — признак конечного бита                        |

Таблица 3. Биты ответа ведомого устройства (slave)

|         |               |   |
|---------|---------------|---|
| ST      | Стартовый бит | Маркирует начало ответа ведомого устройства:<br>0 — действительный стартовый бит,<br>1 — не допускается             |
| I0...I3 | Информация    | 4 информационных разряда указывают, например, параметр, установленный порт ввода-вывода, статус ведомого устройства |
| PB      | Бит паритета  | Сумма всех «1» в ответе ведомого устройства должна быть четной  |
| EB      | Конечный бит  | Формирует конец ответа ведомого устройства:<br>0 — не допускается,<br>1 — признак конечного бита                    |

Таблица 4. Допустимые запросы ведущего устройства

|                                   | ST | SB | 5 адресных разрядов | 5 разрядов информации | PB | EB |
|-----------------------------------|----|----|---------------------|-----------------------|----|----|
| Запрос данных                     | 0  | 0  | A4 A3 A2 A1 A0      | 0 D3 D2 D1 D0         | PB | 1  |
| Записать параметр                 | 0  | 0  | A4 A3 A2 A1 A0      | 1 D3 D2 D1 D0         | PB | 1  |
| Присвоение адреса                 | 0  | 0  | 0 0 0 0 0           | A4 A3 A2 A1 A0        | PB | 1  |
| <b>Другие команды</b>             |    |    |                     |                       |    |    |
| Сброс ведомого устройства         | 0  | 1  | A4 A3 A2 A1 A0      | 1 1 1 0 0             | PB | 1  |
| Удалить адрес                     | 0  | 1  | A4 A3 A2 A1 A0      | 0 0 0 0 0             | PB | 1  |
| Считать конфигурацию ввода-вывода | 0  | 1  | A4 A3 A2 A1 A0      | 1 0 0 0 0             | PB | 1  |
| Считать идентификационный код     | 1  | 1  | A4 A3 A2 A1 A0      | 1 0 0 0 1             | PB | 1  |
| Считать статус                    | 0  | 1  | A4 A3 A2 A1 A0      | 1 1 1 1 0             | PB | 1  |

С помощью этой команды ведомое устройство устанавливается в исходное состояние (аналогично сбросу при включении питания). Ведомое устройство квитирует (подтверждает) безошибочный прием этой команды ответом 6Н. Процесс сброса должен длиться максимум 2 мс.

- Команда «Удалить адрес» («Delete Address»).

Эта команда служит для предварительного зануления рабочего адреса ведомого устройства и требуется в связке с командой «Присвоение адреса» («Address Assignment») может быть выполнена только для ведомого устройства с адресом 00Н. Например, если ведомое устройство с установленным адресом 15Н перепрограммируется на новый адрес 09Н, эту процедуру можно выполнить только с помощью последовательности команд «Delete Address (15H)» и «Address Assignment (09H)». В этом случае ведомое устройство подтверждает безошибочный прием первой команды ответом 6Н, после чего оно становится доступным под адресом 00Н; только после этого с помощью второй команды можно записать новый адрес 09Н.

Ранее записанный старый адрес можно восстановить с помощью команды «Reset Slave».

- Команда «Считать конфигурацию ввода-вывода» («Read I/O Configuration»).

Ведущее устройство может с помощью этой команды считать установленную конфигурацию каналов ввода-вывода ведомого устройства. Код конфигурации передается в ответе ведомого устройства на данную команду и служит совместно с ответом на команду «Read ID-Code» для однозначной идентификации ведомого устройства.

- Команда «Считать идентификационный код» («Read ID-Code»; в версии 2.1 для 62 ведомых устройств используются дополнительно два кода: ID1-Code, ID2-Code).

С помощью данной команды считывается ID-код ведомого устройства. Четырехбитовый ID-код программируется один раз при изготовлении ведомого устройства и не может в последующем изменяться. Он служит для обозначения принадлежности ведомого устройства определённому установленному профилю (Profile) —

совокупности принятых для данного типа устройств формализованных описаний. Все ведомые устройства, параметры и данные которых не соответствуют какому-либо профилю, должны иметь идентификационный код FH.

- Команда «Считать статус» («Read Status»).  
Считывается регистр состояния соответствующего ведомого устройства.

### Модуляция

В связи со специальными требованиями к линии передачи информации (одновременная передача информации и электропитания для датчиков и исполнительных механизмов, использование неэкранированного кабеля и минимизация полосы частот) потребовалось разработать новый метод модуляции для AS-интерфейса. Этот метод модуляции для последовательной передачи данных получил название Alternating Puls Modulation (APM, рис. 4). Последовательность передаваемых битов сначала перекодируется в такую последовательность, в которой каждое изменение передаваемого сигнала приводит к фазовой инверсии (кодирование Манчестера). При этом происходит формирование тока передачи, который в линии AS-интерфейса благодаря имеющейся распределенной индуктивности создает дифференциальные уровни напряжения. Каждое увеличение тока передачи ведет к появлению отрицательного, а понижение — положительного импульса напряжения. На приёмной стороне AS-интерфейса эти сигналы напряжений детектируются и преобразуются в последовательность битов, соответствующую исходной.

### НАДЕЖНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И РАСПОЗНАВАНИЕ ОШИБОК

Большое значение для безошибочной передачи данных по неэкранированным и неперевитым проводам AS-интерфейса имеет надежное распознавание ошибок, которое предусмотрено в процессе приема информации.

В основе безопасности передачи данных по AS-интерфейсу лежит прежде всего обмен очень короткими кадрами: запрос ведущего устройства содержит 11 информационных битов, а ответ ведомого устройства — 4 бита. Для контроля целостности данных

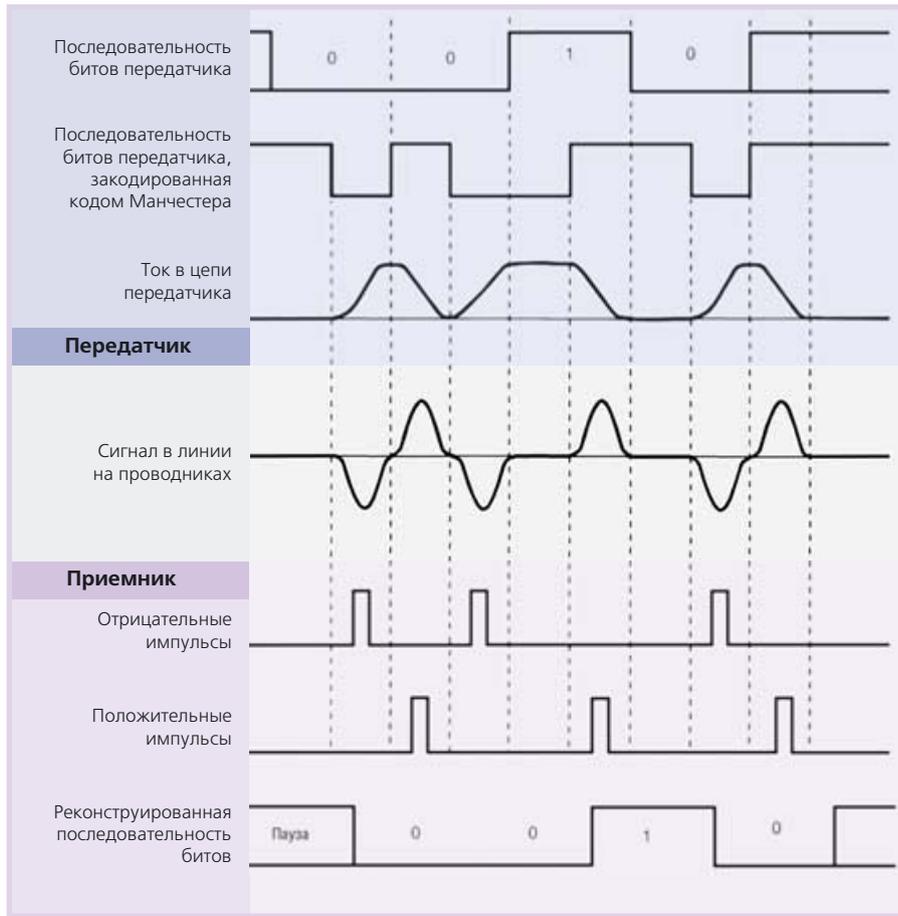


Рис. 4. Альтернативная импульсная модуляция

используется контрольная сумма (CRC).

Достаточная избыточность кода и знание фиксированных длин кадров позволяют распознавать:

- ошибки стартового или конечного бита, бита паритета, кода Манчестера, а также выход за пределы времени передачи (time-out) и задержки времени паузы;
- задержку модуляции;
- нарушение длины кадров.

С помощью всех названных механизмов для AS-интерфейса достигается высокий показатель Хэмминга  $HD_{eff} = 5$ , который характеризует устойчивость кода к помехам и оценивается по формуле  $HD = e + 1$  ( $e$  — число достоверно обнаруживаемых ошибок).

### ТЕХНИКА БЫСТРОГО МОНТАЖА

Техника монтажа является одним из главных факторов в обеспечении надёжности эксплуатации любых промышленных сетей. Именно на этапе монтажа выявляется большинство проблем. Количество дискретных датчиков на современном технологическом объекте зачастую исчисляется сотнями штук. Обычно они распре-

лены на объекте в разных пространственных зонах, то есть имеет место децентрализация. При этом следует учесть жесткие требования к обеспечению защиты датчиков и исполнительных устройств от электромагнитных воздействий, разные степени защиты от климатических и других внешних воздействий. Упомянутое ранее применение профилированного двухжильного кабеля и технологии его прокалывания не только обеспечивает непрерывность физического уровня сети, но и позволяет создать унифицированные электромеханические устройства для подключения датчиков и исполнительных механизмов. Это открывает путь для существенного снижения затрат на установку и монтаж сети.

### Плоский кабель

Желтый плоский кабель стал своего рода рыночным знаком AS-интерфейса. Он имеет строго определенную геометрическую форму сечения в виде трапеции с выступом (рис. 5), который обеспечивает однозначное положение кабеля в соединительных модулях и, как следствие, исключает возможность переполюсовки двухпро-

водной линии. Поперечное сечение кабеля в форме трапеции облегчает прижим и создает уплотнение в местах ввода кабеля в модули, переходные устройства, соединители и т.д., тем самым обеспечивая герметичность, соответствующую степени защиты IP67.

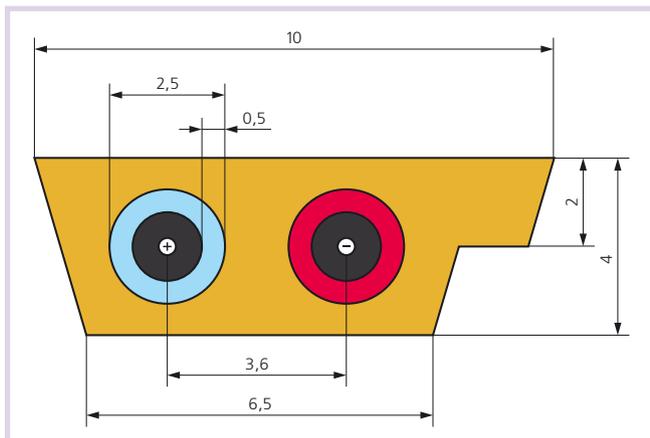


Рис. 5. Форма и размеры поперечного сечения плоского кабеля AS-интерфейса

Площадь поперечного сечения каждого проводника, равная  $1,5 \text{ мм}^2$ , установлена стандартом. При таком сечении гарантируется питающий ток 2 А. Таким образом, при длине кабеля 100 м в случае подключения 31 ведомого устройства на равных расстояниях друг от друга при условии потребления каждым устройством не более 65 мА общее падение напряжения не превышает 3 В, что соответствует допустимому отклонению питающего напряжения. Если для исполнительных механизмов требуется дополнительное питание, например постоянное напряжение 24 В, то можно применить аналогичный профилированный кабель черного цвета, который также использует технологию прокалывания. Для напряжений более 30 В, в частности для 230 В переменного тока, используется кабель с оболочкой красного цвета.

Как альтернатива плоскому кабелю допускается применение круглого кабеля типа H05VV-F2x1,5 (рис. 6). Для подключения такого кабеля используются клеммы, а в качестве уплотнительных устройств — герметичные PG-соединители.

### Соединительные модули

Наряду с технологией прокалывания фундаментальной основой AS-интерфейса является широкое применение стандартизованных электромеханических модулей.

Различают два типа этих модулей:

- «нижний» монтажный модуль (в технических описаниях некоторых фирм, в частности Siemens, такое устройство для компактных модулей называется монтажной платой или палеттой, встречается и другое название — модуль связи) — устройство, служащее для построения кабельной



Рис. 6. Переходное устройство с плоского кабеля на круглый

структуры системы AS-интерфейса и фиксации плоского кабеля в пазах специального профиля (рис. 7 а, б);

- «верхний» пользовательский модуль — прибор (ведомое устройство), содержащий электронику AS-интерфейса и разъемы M12 для подключения датчиков и исполнительных устройств.

Понятия «нижние» и «верхние» модули укоренились вследствие конструктивной особенности их применения, предполагающей соединение модулей обоих типов и образование единого модуля для подключения устройств к AS-интерфейсу (рис. 7 в).

Чтобы гарантировать высокий уровень совместимости различных типов фирменных изделий для AS-интерфейса, организацией AS-International были стандартизованы габаритные и присоединительные размеры, крепление и электрические связи между монтажными и пользовательскими модулями на основе электромонтажной системы EMS или её расширенной версии EEMS, предусматривающей подключение вспомогательного электропитания.

Существуют следующие виды монтажных модулей:

- для подключения круглого кабеля через герметичные соединители PG11; внутри таких модулей имеются винтовые зажимы для жил кабелей;
- для соединений с двумя плоскими желтыми кабелями, которые, в свою очередь, уже внутри модуля могут быть скоммутированы для образования различных сетевых разветвителей; кабели могут включаться параллельно или использоваться отдельно;
- для соединений с двумя плоскими кабелями, один из которых — основной желтый, а второй — чёрный, для подключения вспомогательного электропитания.

Пользовательские «верхние» модули выпускаются многими компаниями и в очень большом ассортименте. Наряду с простыми крышками, выполняющими роль заглушек для монтажных модулей и использующимися для получения крестообразных и Т-образных разветвителей, существуют разделительные пассивные модули, которые служат для перехода шины AS-интерфейса на соединительные разъемы M12. Эти пассивные модули предназначены для подключения интеллектуальных датчиков и исполнительных устройств, в состав которых уже входит ведомое ус-

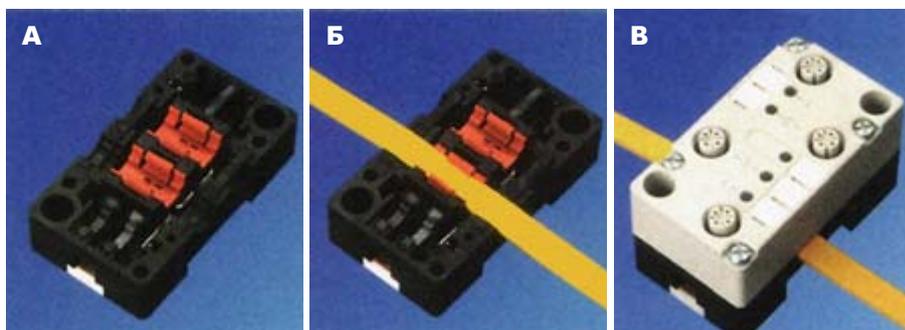


Рис. 7. Типы соединительных модулей:  
а) монтажный модуль (модуль связи);  
б) монтажный модуль с установленным кабелем AS-интерфейса;  
в) установка пользовательского модуля

тройство в виде соответствующей интегральной микросхемы. Не менее велик выбор и активных пользовательских модулей. В отличие от пассивных модулей они используют встроенную электронику AS-интерфейса, к которой подключаются обычные датчики и исполнительные механизмы.

Пользовательские модули со стороны нижней поверхности имеют средства электромонтажной системы EMS или EEMS, необходимые для обеспечения механического соединения и электрической связи с монтажным модулем, а другая сторона пользовательских модулей (верхняя поверхность) служит либо для установки герметичных соединителей для подключения датчиков и исполнительных устройств, либо как лицевая панель прибора с AS-интерфейсом. При установке соединителей возможно образование большого числа разных комбинаций: 1 вход, 4 входа, 4 выхода, 2 входа/2 выхода и другие. На лицевую панель устанавливаются светодиоды для индикации неисправности или диагностики. При использовании модуля



Рис. 8. Стандартизованное расположение контактов на разъёмах M12 модулей AS-интерфейса

EEMS с вспомогательной шиной питания предусмотрен вывод дополнительного питания на гнезда герметичного разъема M12. В случае использования модуля EMS существует возможность подачи дополнительного электропитания через штекер M12, установленный на торцевой стороне модуля.

На рис. 8 показано стандартизованное расположение выводов четырехполюсных соединителей M12 в соответствии с IEC 947-5-2, приложение D.

Электромеханический интерфейс, использующий средства электромонтажной системы, является универсальным компонентом, и его применение не ограничивается только модулями; он используется и в таких изделиях, как кнопки с подсветкой, пневматические вентили и контроллеры, в которых необходимо реализовать соединение с монтажным модулем со степенью защиты IP65.

Аппаратные средства AS-интерфейса могут быть размещены не только не-



Рис. 9. Модули AS-интерфейса со степенью защиты IP20 для установки в электротехнических шкафах



Рис. 10. Компактные модули фирмы Siemens

посредственно на технологическом оборудовании, но и в более комфортных условиях электротехнического шкафа. В таком случае возможна абсолютно иная концепция построения модулей. Для установки в шкафу предлагаются модули со степенью защиты IP20 и с техникой подключения, использующей пайку, клеммы и штекерные разъемы (рис. 9).

Для жестких условий эксплуатации ряд фирм предлагает альтернативные решения в виде так называемых компактных модулей (рис. 10) со степенью защиты IP67 и разнообразной техникой подключения (M8, M12, клеммы и т.п.).

### СИСТЕМНЫЕ КОМПОНЕНТЫ AS-ИНТЕРФЕЙСА

Фактически AS-интерфейс представляет из себя систему, которая включает необходимый набор устройств и приборов, выполняющих

функции по обеспечению работоспособности, наладки и сервиса всей системы в целом.

### Микросхема ведомого устройства

С начала разработки AS-интерфейса было ясно, что электронная часть ведомого устройства, если её необходимо встраивать непосредственно в датчик или исполнительное устройство, должна быть компактной и, кроме того, дешевой. Это возможно только при использовании специализированных микросхем с высокой степенью интеграции.

Через интегральную микросхему ведомого устройства двоичные датчики и исполнительные устройства подключаются к сети AS-интерфейса. Специализированная микросхема (ASIC) обеспечивает датчик или исполнительное устройство электропитанием от сети, распознает переданную от ведущего устройства информацию и посылает в ответ собственные данные. В каждом цикле передаются 4 бита данных от ведущего устройства последовательно к каждому ведомому и обратно. Необходимые для этого порты данных каждой микросхемы можно конфигурировать отдельно как входные, выходные или двунаправленные порты. Конфигурация портов ведомых устройств устанавливается в соответствии с так называемой конфигурацией ввода-вывода.

По команде «Write Parameter» ведомое устройство получает от ведущего 4 бита данных, соответствующих значению параметра. С их помощью можно управлять особыми функциями ведомого устройства. Установка кодов параметров производится ациклично, причем в одном цикле AS-интерфейса она может быть выполнена только для одного ведомого устройства.

Возможны два способа использования таких микросхем:

- чип ведомого устройства AS-интерфейса может быть встроен прямо в датчик или исполнительное устройство, в результате чего получается устройство с интегрированным AS-интерфейсом (рис. 11);
- чип ведомого устройства AS-интерфейса может быть встроен в модуль таким образом, что к модулю можно подключать обыкновенный датчик или исполнительное устройство, которые характеризуются как устройства с внешним AS-интерфейсом (рис. 12).

Основным производителем чипов для AS-интерфейса является компания AMS (Austria Microsystems), выпускающая микросхемы ASI3+ и SAP4. С конца 1999 г. корпорация AMI (American Microsystems Inc.) предлагает новую микросхему ведомого устройства с расширенными функциональными возможностями (встроенные функции диагностики, возможность адресации к 62 ведомым устройствам, сторожевой таймер, EEPROM, инфракрасный интерфейс для конфигурирования); конфигурирование позволяет использовать данный чип в качестве ASIC ведомого устройства, повторителя или аналогового чипа ведущего устройства.

На рис. 13 показана структура микросхемы ведомого устройства серии ASI3+.

### Электропитание

Как уже отмечалось в начале статьи, одним из основополагающих принципов AS-интерфейса является одновременное использование линии передачи информации для подвода электропитания. На рис. 14 схематически показано подключение источника питания к

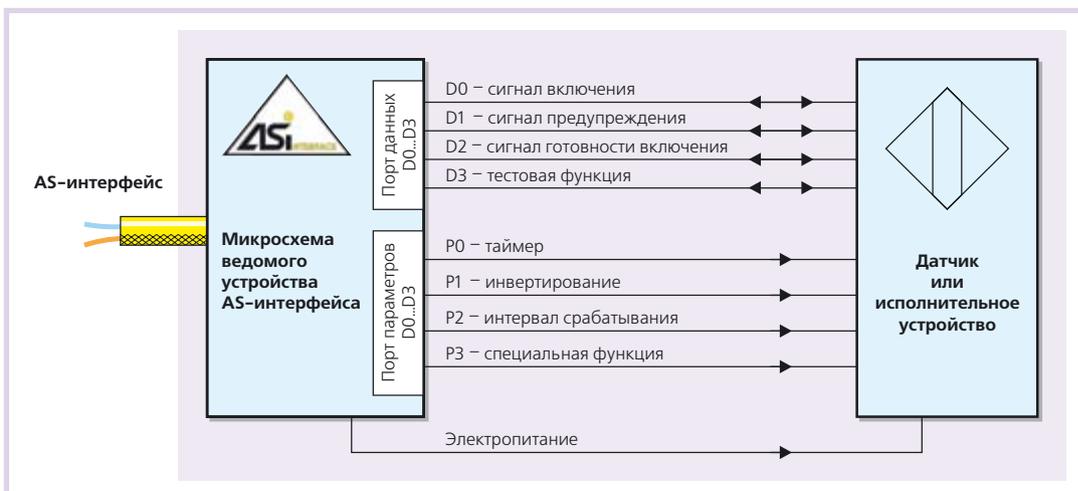


Рис. 11. Схема датчика или исполнительного устройства с интегрированным AS-интерфейсом

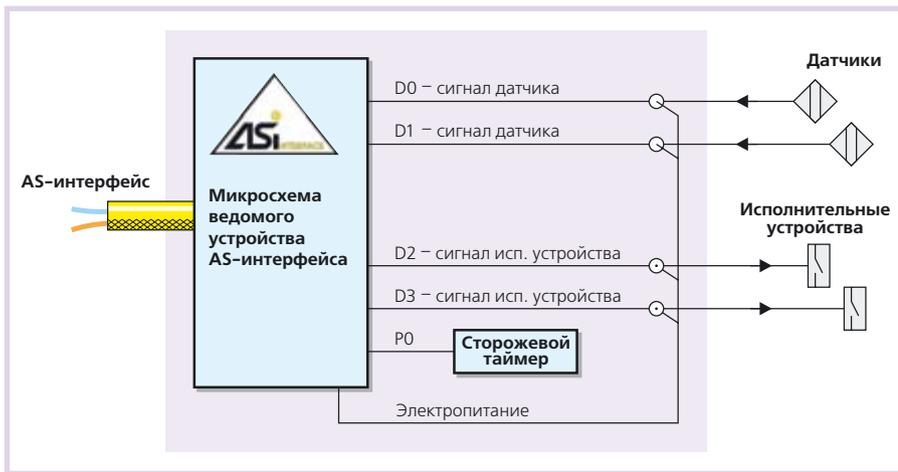


Рис. 12. Схема модуля связи сети AS-интерфейса с датчиками и исполнительными устройствами без встроенных микросхем ведомого устройства (с внешним AS-интерфейсом)

ные устройства с номиналами выходного тока 2,2 А или до 8 А и выходным напряжением 29,5...31,6 В. Выпускаются и двойные приборы, первый выход которых соответствует стандартному источнику питания для AS-интерфейса, а второй выход обеспечивает, например, вспомогательное питание 24 В постоянного тока. Входное напряжение источников составляет 24 В постоянного тока или 110/230 В переменного тока, степень защиты — IP20 или IP65.

### Повторители и сетевые расширители

Максимальная длина сегмента в сети AS-интерфейса составляет 100 м.

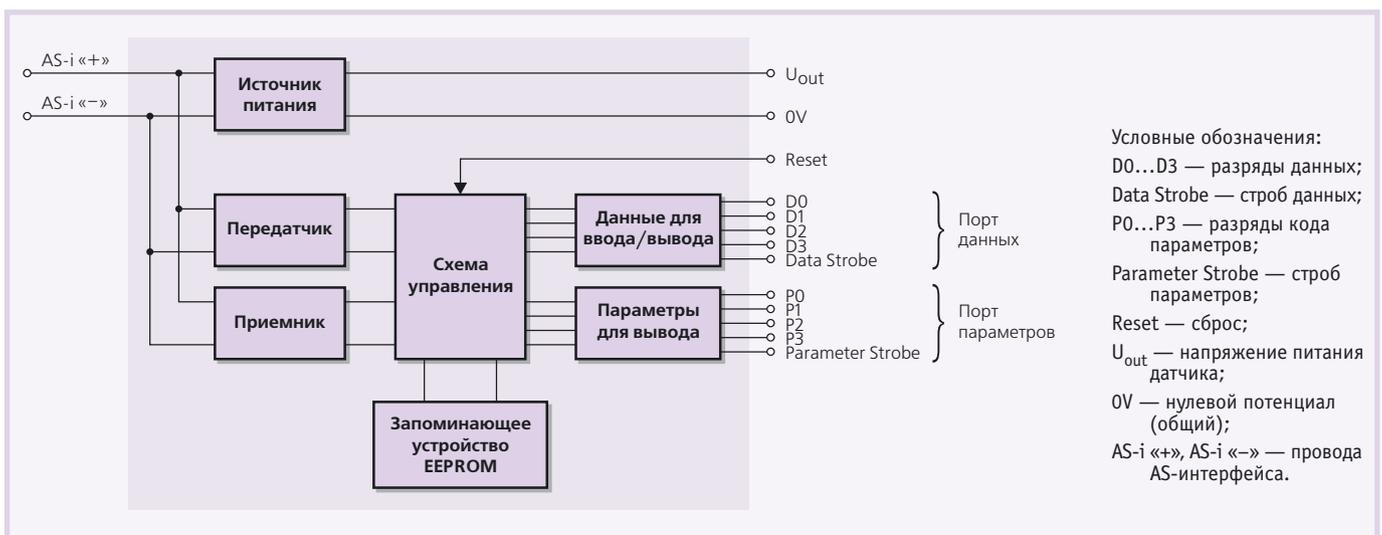


Рис. 13. Структура микросхемы ведомого устройства AS-интерфейса серии ASI3+

двухпроводной симметричной линии передачи данных. Источник питания имеет выходное напряжение 29,5...31,6 В постоянного тока и выполнен в соответствии с международными стандартами безопасности IEC для цепей сверхнизкого напряжения (система изоляции PELV — protective extralow voltage). Рабочий ток источника от 0 до 2,2 А или до 8 А. Источник должен быть оснащен защитами от длительного короткого замыкания и перегрузок. Схема связи с линией передачи данных, выполненная по рациональному способу в одном корпусе с источником питания, состоит из двух индуктивностей, каждая по 50 мкГн, и двух параллельно включенных сопротивлений по 39 Ом. RL-цепочки служат для того, чтобы токовые импульсы, которые производит передатчик AS-интерфейса, посредством дифференцирования были преобразованы в импульсы напряжения.

AS-интерфейс представляет собой симметричную незаземленную систему.

Для оптимизации защиты от помех, возникающих вследствие перекрёстных наводок, необходимо по возможности соблюдать симметричное построение двухпроводной линии AS-интерфейса. Для решения этой задачи служат обе емкости C<sub>E</sub>. Только в указанной на рис. 14 точке GDN между этими ёмкостями допускается подключение приборной «земли».

Источники питания для AS-интерфейса выпускаются в различных исполнениях. Как правило, это стандарт-

Она определяется физическими свойствами линии, параметрами сигналов и общей топологией сети. Как и в других промышленных сетях, для удлинения линии связи могут использоваться повторители (repeater).

Применение повторителя позволяет увеличивать протяженность линий связи сегмента AS-интерфейса со 100 до 300 м. Это связано с тем, что из-за временных ограничений процесса передачи данных в систему может быть включено не более двух повторителей. Каждый повторитель состоит из двух схем регенерирования сигналов (при-

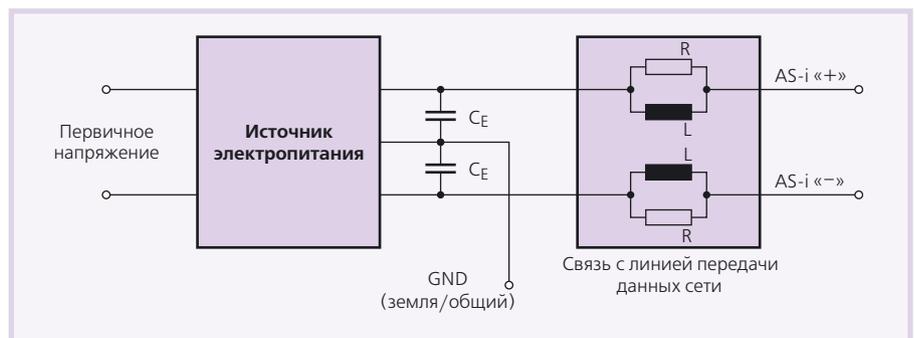


Рис. 14. Схема подключения источника электропитания к линии передачи данных

ёмник и передатчик, разделенные оптопарой) и схемы управляющей логики (рис. 15). Расположенные на обеих сторонах линии детекторы выдают сигналы в схему управляющей логики, которая распознает три допустимые ситуации:

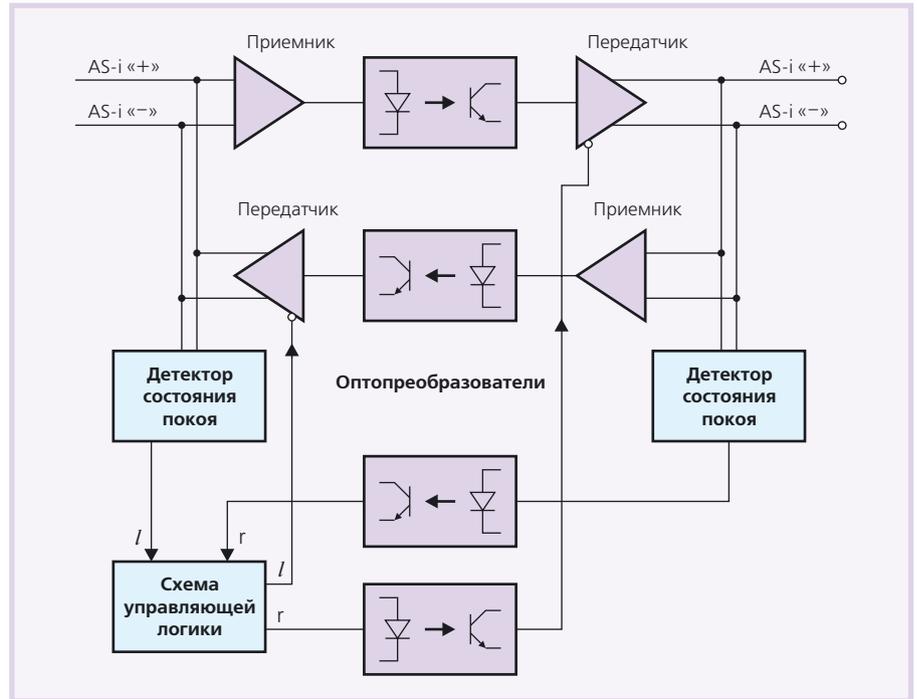
- состояние покоя (Idle state) — оба передатчика неактивны;
- левая схема передает поток данных направо (*l*);
- правая схема детектора передает поток данных налево (*r*).

Существующие технические средства позволяют распознать состояние покоя в течение половины времени, необходимого для передачи одного бита. В результате получается соответствующая задержка в канале, независимо от направления передачи. Так как распознавание стартового бита производится также в течение половины времени передачи одного бита, повторитель AS-интерфейса в каждом направлении задерживает сигнал на время передачи одного бита (6 мкс).

Из-за того что объединённые повторителем участки сети гальванически развязаны, с обеих сторон повторителя должны подключаться источники питания интерфейса.

### Модули связи с сетью PROFIBUS-DP

Модули связи DP/AS-I-Link позволяют производить непосредственное подключение AS-интерфейса к сети PROFIBUS-DP (рис. 16). Каждый такой модуль со стороны PROFIBUS-DP выполняет функции ведомого устройства со скоростью передачи данных 12 Мбит/с, в то время как со стороны AS-интерфейса он функционирует как ведущее устройство. Например, фирма Siemens предлагает два типа модулей связи, предназначенных для работы как со старой версией AS-интерфейса (обслуживание до 31 ведомого устройства), так и с новой расширенной версией 2.1 (обслуживание до 62 ведомых устройств). Конфигурирование модулей выполняется с помощью пакетов COM PROFIBUS и STEP 7. Модули имеют разную степень защиты: IP65 (модель DP/AS 65E) или IP20 (модель DP/AS 20E) — и, соответственно, предполагают разные методы монтажа и рассчитаны на использование разных соединителей. Сетевой (DP-) адрес может задаваться DIP-переключателем или записываться в EEPROM.



Условные обозначения: *l* — поток данных направо; *r* — поток данных налево.

Рис. 15. Структурная схема повторителя

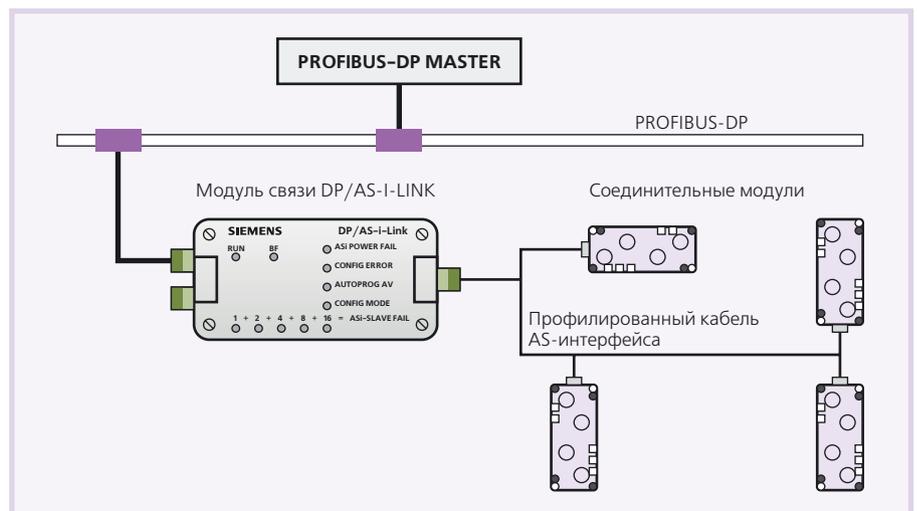


Рис. 16. Связь между сетью PROFIBUS-DP и AS-интерфейсом

Аналогичные модули связи предлагают и другие компании, выпускающие оборудование для AS-интерфейса.

Модули связи DP/AS-I-Link являются не единственной возможностью связи PROFIBUS-DP и AS-интерфейса. Такую связь можно реализовать и через программируемый логический контроллер (PLC), который на системном уровне связан с PROFIBUS-DP, а в качестве периферийных устройств ввода-вывода подключаются датчики и исполнительные устройства, имеющие AS-интерфейс.

### Приборы адресации и диагностики

Прежде чем технологическое оборудование с системой управления на базе

AS-интерфейса будет запущено в эксплуатацию, необходимо для всех ведомых устройств предусмотреть и установить адреса. Для устройств, имеющих встроенную микросхему AS-интерфейса, адрес записывается в EEPROM микросхемы.

Адресация выполняется с помощью специальных команд ведущего устройства через линию AS-интерфейса. При выполнении адресации на линии может находиться только одно ведомое устройство с нулевым адресом.

Программирование адреса может автоматически проходить непосредственно через ведущее устройство в режиме ввода сети в эксплуатацию посредством функции «Address Exchange» («Изменить адрес»).



Рис. 17. Прибор адресации ZRK1904-2AB00 фирмы Siemens

В качестве другой возможности можно использовать специально разработанный прибор, который позволяет установить адрес в ручном режиме (рис. 17).

С помощью специальной клавиатуры можно инициировать считывание адреса подключенного ведомого устройства и отображение его на индикаторе прибора, что особенно важно для реализации режима проверки и диагностики сетевых устройств. Для этого данный прибор посылает по всем адресам ведомых устройств с 0 по 31 телеграммы с запросом «Read I/O Configuration» («Считать конфигурацию ввода-вывода»), пока определяемое ведомое устройство не ответит. Адрес устройства можно изменить, передвигаясь посредством нажатия клавиш «↑», «↓» до желаемого адреса и запрограммировав устройство с новым адресом путём нажатия специальной клавиши.

Таблица 5. Спецификация AS-интерфейса и профили

| Документ  | Назначение документа  | Содержимое   | Сертификация                            |
|---|---|--|---|
| Спецификация AS-интерфейса  | Обеспечение необходимой функциональности и открытости системы для различных применений AS-интерфейса                          | Описания:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>● системы передачи данных,</li> <li>● ведомого устройства,</li> <li>● ведущего устройства,</li> <li>● электромеханического интерфейса.</li> </ul> Минимальные требования:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>● по электромагнитной совместимости,</li> <li>● по маркировке сертификационными знаками</li> </ul> | Необходимое условие для сертификации    |
| Профили AS-интерфейса (например для модулей, датчиков, исполнительных устройств с встроенной ИМС, ведущего устройства, электромеханики) | Обеспечение взаимозаменяемости устройств, простой связи в пользовательской программе, использования стандартных конструктивов | Сокращённая спецификация для конкретного применения:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>● назначение данных и параметров,</li> <li>● функциональный набор,</li> <li>● ключи,</li> <li>● граничные значения,</li> <li>● условия испытаний,</li> <li>● идентификационные коды</li> </ul>  | Дополнительное условие для сертификации |

| Бит данных  | Тип   | Назначение   |
|---|-------|--|
| D0  | I     | Сигнал включения датчика                                   |
| D1  | I     | Индикатор аварийного состояния                             |
| D2  | I     | Индикатор готовности                                       |
| D3  | O     | Разрешение самотестирования                                |
| Бит параметров  |       |  |
| P0  |       | Переключение рабочей частоты                               |
| P1  |       | Инвертирование сигнала включения                           |
| P2  |       | Диапазон срабатывания (у индуктивных датчиков приближения) |
|   |       | Задержка импульсов (у оптических датчиков)                 |
| P3  |       | Специальная функция  |
| Применение битов с D1 по D3 и с P1 по P3 является опцией (дополнительной возможностью). |       |  |
| I/O-Code:   | Hex 1 | Шестнадцатеричный код конфигурации ввода-вывода            |
| ID-Code:  | Hex 1 | Шестнадцатеричный идентификационный код                    |

Рис. 18. Пример фрагмента профиля для интеллектуального датчика с функцией контроля работоспособности

### СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Основные концепции AS-интерфейса регламентированы европейскими нормативами EN 50295, а также международным стандартом IEC 62026, базирующимся на спецификациях Международной ассоциации по AS-интерфейсу (AS International Association). При этом система на базе AS-интерфейса является открытой и независимой от изготовителя, то есть изготовители и пользователи получают возможность самостоятельно разрабатывать системные компоненты, совместимые с изделиями других производителей без дополнительных мер по конфигурированию, и обеспечивать их надежную коммуникацию в единой сети.

Такая совместимость является основным принципом спецификации AS-интерфейса. Открытая спецификация, подробное описание AS-интерфейса и свободно продаваемые микро-

схемы ведомых устройств способствовали тому, что на рынке представлено множество разнообразных интеллектуальных датчиков и исполнительных устройств разных производителей для использования в сетях на базе AS-интерфейса.

Разработка новых устройств для AS-интерфейса должна проводиться в рамках спецификации, а свойства, параметры, функциональные особенности разработанного изделия должны получить формализованное описание в виде так называемого профиля. Соответствие спецификации и наличие профиля являются условиями сертификации нового устройства для AS-интерфейса (табл. 5).

Профили ведомых устройств называются «жесткими», так как они не подлежат изменению. Соответствие между профилями и устройствами устанавливается с помощью ID-кода, который совместно с конфигурацией ввода-вывода вводится изготовителем в каждое ведомое устройство и тоже больше не изменяется.

На рис. 18 приведён пример фрагмента профиля для интеллектуального датчика с функцией контроля работоспособности. Пользователь-программист знает, что при включении датчика с этим профилем сигнал включения всегда передается в качестве первичной полезной информации как бит данных D0, а информация об отказе, если таковая требуется, всегда определяется состоянием бита данных D1. Битами параметров определены постоянные функции, которые могут быть и нереализованными. Код конфигура-



Условные обозначения: S1...S3 — биты статуса; D1...D18 — биты данных; V — знак; U — переполнение; X — резервные биты.

Рис. 19. Передача значений оцифрованного аналогового сигнала

ции ввода-вывода и идентификационный код представлены в шестнадцатеричной форме, и никакое ведомое устройство с другим профилем не может иметь такую же комбинацию этих кодов.

Рассмотрим пример более сложного профиля. AS-интерфейс изначально был ориентирован на передачу двоичной информации. Для передачи оцифрованных аналоговых величин был разработан сложный профиль (S-7.1), который предназначен для передачи данных длиной более 4 битов. Так как прежде всего речь идет об использовании этого профиля для передачи аналоговых величин, то он был назван аналоговым профилем. Передача аналоговой величины выполняется по определенной команде от PLC. Ведомое устройство инициализирует внутренний регистр-фиксатор данных с новым значением и посылает биты статуса назад (рис. 19). Каждый новый запрос требует передачи следующих трёх битов цифрового кода аналоговой величины, таким образом за 8 циклов передается максимально возможное значение аналоговой величины, регламентированное профилем, быстродействием канала (600 бит/с) и количеством циклов. Допускается прерывать передачу и тем самым передавать аналоговые величины с меньшим разрешением.

Общественная организация AS International Association (<http://www.as-interface.com>) предлагает всем изготовителям оборудования для AS-интерфейса проведение сертификации. Проведение сертификации изделия мар-

кируются специальным знаком, выполненным на основе логотипа AS-интерфейса (рис. 20). AS International Association была создана в 1991 году, объединяет свыше 90 представителей из разных стран и имеет 8 национальных объединений. Основной задачей ассоциации является расширение числа пользователей и дальнейшее развитие AS-интерфейса.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автор надеется, что эта статья вызовет интерес у специалистов, работающих в области создания АСУ ТП, и будет способствовать более широкому применению систем на основе AS-интерфейса. Понимая, что в одной статье невозможно рассказать обо всех аспектах развития и использования AS-интерфейса, показать особенности и преимущества решений на его основе, ав-

тор планирует еще не раз вернуться к данной тематике.

В частности, в следующей статье предполагается более подробно рассказать обо всех изменениях, произошедших в расширенной версии 2.1 спецификации AS-интерфейса. ●

### ЛИТЕРАТУРА

1. AS-interface: das Actuator-Sensor-Interface für die Automation/hrsg. Von Werner R. Kriesel. — München; Wien: Hanser. Buch, 1999.
2. Kriesel W., Heimbold N., Telschow D. Bus Technologien für die Automation. — Heidelberg: Huthing, 2000.

**Автор — сотрудник  
фирмы ПРОСОФТ  
Телефон: (812) 325-3790  
Факс: (812) 325-3791  
E-mail: polovinkin@spb.prosoft.ru**



Рис. 20. Логотип AS-интерфейса, на основе которого выполнен сертификационный знак AS International Association