

PROFIBUS Технология и применение



Введение

С самого начала, полевая автоматизация была предметом постоянных изменений. Не так давно эти изменения касались только производственной области компании. Реализация технологии полевой шины стала важным нововведением в промышленности, позволившим мигрировать с централизованных АС к децентрализованным.

Разработка PROFIBUS продолжается с неугасающим энтузиазмом и энергией. Первоначально, технология коммуникации была центральной. Текущая деятельность концентрируется вокруг системной интеграции, инженерии и, в особенности, прикладных профилей. Эти профили сделали PROFIBUS единственной полевой шиной, предоставляющей всестороннюю автоматизацию как для предприятий, так и для технологических процессов.

Кроме того, информационные технологии (ИТ) все более определяют развитие современной автоматизации. Современные полевые системы переняли принципы ИТ и достигли большой степени согласованности с корпоративным уровнем управления. В этом отношении, промышленная автоматизация идет по стопам офисной, где ИТ уже давно наложило свой отпечаток, радикально преобразовав инфраструктуру, системы и процессы. Интеграция ИТ в мир автоматизации открывает новые возможности для глобального обмена данными между АС. Результатом дальнейшего развития PROFIBUS и интеграции с Ethernet стал стандарт PROFINet.

Использование открытых стандартов вместо проприетарных решений гарантирует совместимость и расширяемость на долгий срок - другими словами - защиту осуществленных инвестиций.

Это ключевой по своей важности момент для Организации Пользователей PROFIBUS. Продолжающаяся разработка технологии PROFIBUS дает пользователям долгосрочные перспективы.

1 Коммуникации в автоматике

Коммуникационные возможности устройств и подсистем, а также полная информационная методология являются непреложными компонентами концепции автоматизации, ориентированной на будущие перспективы. Все больше коммуникации используются горизонтально, на полевом уровне, так же как и вертикально, через несколько иерархических уровней. Многослойные согласованные промышленные системы связи такие, как PROFIBUS с низкоуровневым интерфейсом к AS-Interface и интерфейсом высокого уровня к Ethernet (поверх PROFINet) (см. рис. 1), создают идеальные предпосылки для прозрачного сетевого взаимодействия во всех областях промышленного процесса.

1.1 Промышленная связь

На уровне датчиков и исполнительных устройств сигналы двоичных сенсоров и приводов передаются по шине датчиков и исполнительных устройств. Получается простая и экономически эффективная технология, при которой данные и питание идут в общей среде. AS-Interface предлагает подходящую магистральную систему для этой области применения.

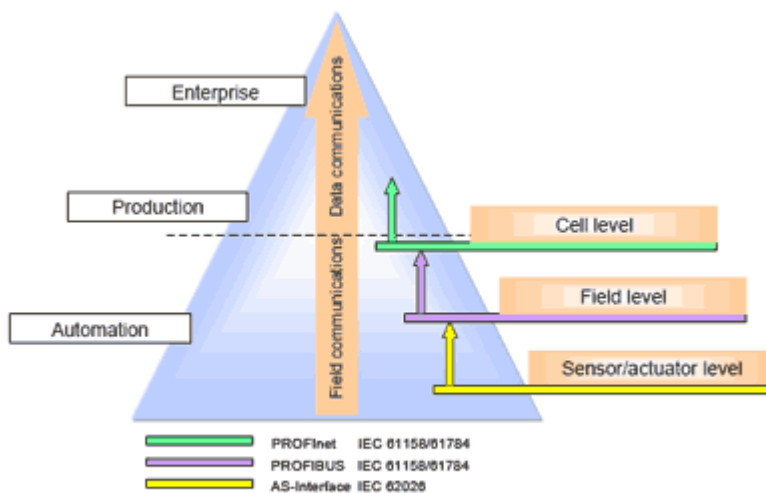


Рис. 1: Коммуникации в технологиях автоматизации

<http://192.168.7.230/images/uslugi/seminar/profibus/35.gif>

На полевом уровне распределенные устройства, такие как: модули В/В, преобразователи, приводы, анализаторы, клапаны и операторские терминалы, сообщаются с АС посредством мощной системы связи реального времени. Передача данных процесса является циклической, в то время как дополнительные прерывания, конфигурационные и диагностические данные приходят ациклически, по мере необходимости. PROFIBUS удовлетворяет этим критериям и предлагает универсальное решение, как для АСУП, так и для АСУТП.

На секционном уровне программируемые контроллеры (программируемые логические и периферийные контроллеры) обмениваются информацией друг с другом и с информационными офисными системами, используя стандарты Ethernet, TCP/IP, Intranet и Internet. Этот информационный поток требует большого размера пакетов данных и наличия целого ряда мощных коммуникационных функций.

Так же как и PROFIBUS, основанный на Ethernet PROFINet предлагает для этих целей решение, достойное подражания.

Далее будет подробно описан PROFIBUS как центральное связующее звено информационных потоков в индустрии автоматизации. Информацию об AS-Interface смотрите в соответствующей литературе. Затем будет кратко представлен PROFINet.

Полевые шины это промышленные системы связи, использующие для соединения устройств (датчиков, исполнительных устройств, приводов, преобразователей и т.п.) с центральной управляющей системой целый ряд передающих сред, таких как: медный кабель, оптоволокно или беспроводные, с последовательной побитовой передачей. Полевая технология была разработана в 80е годы с целью заменить широко используемое центрально- параллельное соединение (central parallel wiring) и господствующую аналоговую передачу (4-20 мА- или +/- 10V интерфейс) на цифровые технологии. Частично благодаря специфическим требованиям разных отраслей промышленности, а так же предпочтению крупных производителей использовать проприетарные решения, на рынке установились несколько полевых систем с разнообразными свойствами. Ключевые технологии на данный момент закреплены в недавно принятых стандартах IEC 61158 и IEC 61784. PROFIBUS -неотъемлемая часть этих стандартов.

Совсем недавно в промышленной автоматизации появились Ethernet системы связи. Они предлагают широкий диапазон опций для коммуникаций между разными уровнями промышленной автоматики и офисным уровнем. PROFINet это пример Ethernet системы связи.

Необходимость координированной разработки и распространения на рынке этих полевых систем привела к появлению множества Организаций Пользователей, состоящих из производителей, пользователей и учреждений, например Организация Пользователей PROFIBUS (PROFIBUS User Organization, PNO) и ее родительская организация PROFIBUS International (PI) для технологий PROFIBUS и PROFINet.

Выгоды для пользователей являются причиной появления и непрерывного развития полевых технологий. В конечном счете, они проявляются в снижении общей стоимости владения, а так же в повышении производительности и качества во время установки и использования автоматизированного оборудования. Экономическая эффективность достигается на стадиях конфигурации, прокладки кабеля, инженерных работ, документирования, сборки и пусконаладочных работ, так е как и во время собственно производства. Дополнительные выгоды, достигаемые снижением общей стоимости жизненного цикла, принимают форму простоты модификации и непрерывной работоспособности системы за счет регулярной диагностики, превентивного тех.обслуживания, простоты назначения параметров, непрерывности потока данных и управления активами (asset management).

Полевые шины повышают продуктивность и гибкость автоматизированных процессов, по сравнению с традиционными технологиями, и создают базовые предпосылки для конфигурирования распределенных АС.

На сегодняшний день, PROFIBUS используется практически во всех областях автоматизации, в АСУП и АСУТП, а так е в дорожной отрасли, в производстве и распределении энергии.

1.2 Терминология полевой технологии

Сетевая модель ISO/OSI описывает обмен данными между станциями коммуникационной системы. Для эффективной работы комуникационного протокола, необходимо использовать определение правила и интерфейсы передачи. В 1983 г. Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO) разработала сетевую модель OSI ("Open Systems Interconnection Reference Model" - базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем). Этот протокол определяет элементы, структуры и задачи, необходимые для обмена информацией, и распределяет их по семи уровням, выстроенным друг над другом (см. рис. 2). Каждый уровень должен выполнять определенные функции коммутационного процесса. Если коммутационной системе не требуется какие-то из этих функций, соответствующие уровни можно пропустить. PROFIBUS использует уровни 1, 2 и 7.

Отправитель	Получатель	Назначение и функции уровней	
7	7	Прикладной уровень	Интерфейс прикладных программ с прикладными функциями (read, write)
6	6	Уровень представления	Представление и кодирование данных для анализа и интерпретации на следующем уровне
5	5	Сеансовый уровень	Установление и очистка временных состояний соединений; синхронизация коммуникационных процессов
4	4	Транспортный уровень	Управление передачей данных для 5 уровня (ошибки транспортировки, разбиение на пакеты)
3	3	Сетевой уровень	Установление и завершение соединений, предотвращение сетвых заторов
2	2	Канальный уровень	Описание протокола магистрального доступа (Media Access Control, MAC – управление доступом к среде), включая безопасность данных
1	1	Физический уровень	Определение среды (аппаратной), кодирования и скорости передачи данных
Передающая среда			

Рис. 2: Сетевая модель OSI

Протоколы связи определяют, как две или более станций обмениваются данными, используя фреймы данных. Фрейм данных содержит различные поля для сообщения и управляющей информации. Полю с собственно данными предшествует заголовок (адреса отправителя и получателя, детали последующего сообщения), а за ним идет часть, отвечающая за безопасность данных, содержащая информацию по проверке корректности передачи (идентификация ошибок).

Особенность полевой шины заключается в том, что она позволяет передавать маленькие объемы срочных данных и упрощает процесс передачи.

Управление доступом к шине (MAC, Medium Access Control - управление доступом к среде) это специфическая процедура, которая определяет, в какой момент времени станция может посылать данные. В то время как активные станции могут начинать обмен информацией, пассивные могут выходить на связь только по указанию активной станции.

Различают процедуру управляемого, детерминированного доступа с совместимостью с режимом реального времени (подчиненный-ведущий в PROFIBUS) и процедуру случайного, недетерминированного доступа (CSMA/CD по Ethernet).

Адресация необходима, чтобы уникально и произвольно идентифицировать станцию. Поэтому адреса назначаются либо коммутатором (аппаратные адреса), либо во время назначения параметров в течение пусконаладочных работ (программные адреса).

Коммуникационные сервисы выполняют коммуникационные задания станций во время циклического или ациклического обмена данными. Количество и тип этих сервисов является критерием для области применения того или иного протокола. Различают сервисы с установлением соединения и подтверждениями и без установления соединения. Во вторую группу входят многоадресные и широковещательные сообщения, посылаемые либо определенной группе станций, либо всем станциям одновременно.

Профили используются в технологии автоматизации, чтобы определить специфические свойства и поведение устройств, семейств устройств или целых систем. Только те устройства и системы, что используют вендор-независимые профили, обеспечивают интероперабельность полевой шины, таким образом, используя все преимущества полевой технологии.

Прикладные профили относятся в первую очередь к устройствам (полевым устройствам, элементам управления и средствам интеграции) и включают как согласованный выбор коммуникаций через шины, так и определенное применение устройства. Профили этого типа служат для производителей спецификацией для создания интероперабельных устройств, соответствующих своему профилю. Системные профили описывают классы систем, включая функциональность, программные интерфейсы и средства интеграции.

1.3 Международная стандартизация

Вместе с другими полевыми системами, PROFIBUS занесен в стандарт IEC 61158 с 1999 г. В 2002 г. завершились действия по обновлению IEC 61158. В этом стандарте разработки PROFIBUS и PROFInet объединились.

IEC 61158 носит название «Digital Data Communication for Measurement and Control - Fieldbus for Use in Industrial Control Systems» («Цифровая передача данных в Измерении и Управлении - использование

IEC 61158 документ	Содержание	Уровень OSI
IEC 61158-1	Введение	
IEC 61158-2	Спецификации физического уровня и определение сервисов	1
IEC 61158-3	Определения канального уровня	2
IEC 61158-4	Определения протоколов канального уровня	2
IEC 61158-5	Определения прикладных сервисов	7
IEC 61158-6	Определения протоколов прикладного уровня	7

Таблица 1: Схема организации IEC 61158

полевой шины в промышленные системы управления») и разделен на 6 частей, названных соответственно 61158-1, 61158-2 и т.д. Часть 1 носит вводный характер,

в то время как остальные части ориентированы на сетевую модель OSI (уровни 1, 2 и 7); см. таблицу 1.

Разные части IEC 61158 определяют, среди прочего, множество сервисов и протоколов для обмена информацией между станциями, считающимися полным доступным множеством, из которого делаются отдельные выборки (подмножества) для отдельных полевых систем.

Факт наличия на рынке широкого спектра различных полевых систем закреплен в IEC 61158 определением 10 типов полевых протоколов, обозначенных соответственно Тип 1, Тип 2 и т.д.

PROFIBUS является Типом 3, а PROFINet - Типом 10.

IEC 61158 отмечает, что связь через шины (по определению) возможна только между теми устройствами, которые используют протоколы одного и того же типа.

IEC 61784 носит название «Profile Sets for Continuous and Discrete Manufacturing Relative to Fieldbus Use in Industrial Control Systems» («Множества профилей для непрерывных и дискретных производств, относящихся к использованию полевой шины в промышленных системах управления»). Связь со стандартом IEC 61158 устанавливается вводным комментарием: «Этот международный стандарт (т.е. IEC 61784) на базе IEC 61158 определяет множество зависящих от протокола

Подраздел профиля	Канал передачи данных	Физический уровень	Реализовано
Профиль 3/1	Подмножество IEC 61158; <u>асинхронная</u> передача	RS485 Plastic fiber Glass fiber PCF fiber	PROFIBUS
Профиль 3/2	Подмножество IEC 61158; <u>синхронная</u> передача	MBP	PROFIBUS
Профиль 3/3	ISO/IEC8802-3 TCP/UDP/IP/Ethernet	ISO/IEC 8802-3	PROFINet

Таблица 2: Свойства Семейства коммуникационных профилей CPF 3.

коммуникационных профилей, предназначенных для проектирования устройств, используемых в коммуникациях на заводском производстве и в управлении процессами».

IEC 61784 показывает, какие подмножества общего множества сервисов и протоколов, определенных в IEC 61158 (и других стандартах), какими полевыми системами используются. Определенные таким образом в зависимости от полевой шины «коммуникационные профили» сведены в «Семейства коммуникационных профилей» («Communication Profile Families (CPF)») в соответствии с их реализацией в каждой полевой системе.

Множества профилей, реализованных в PROFIBUS, обозначены как «Family 3» и имеют подразделы 3/1, 3/2 и 3/3. Таблица 2 показывает их соответствие в PROFIBUS и PROFINet.

2. Краткий обзор PROFIBUS

PROFIBUS это открытая цифровая система связи с широкой областью применения, особенно для автоматизации предприятий и технологических процессов. PROFIBUS подходит, как для быстрых, критичных по времени приложений, так и для сложных коммуникационных задач.

PROFIBUS коммуникации закреплены в стандартах IEC 61158 и IEC 61784. Прикладные и инженерные аспекты освещены в общедоступных руководствах PROFIBUS User Organization. PROFIBUS отвечает требованиям открытости и независимости для производителей и гарантирует возможность коммуникаций между устройствами разных производителей.

2.1 История

История PROFIBUS восходит к венчурному общественному проекту, поддерживаемому государством, который был начат в 1987г. в Германии. В рамках этого рискованного предприятия, компании и институты - всего 21 - объединили свои усилия по созданию стратегического полевого проекта. Целью было создание и утверждение полевой шины побитовой передачи, главным требованием к которой была стандартизация интерфейса полевого устройства. С этой целью, важные компании-члены ZVEI (Центральной ассоциации электрической промышленности) согласились поддержать техническую концепцию автоматизации предприятий и технологических процессов.

Первой мир увидел спецификацию сложного коммуникационного протокола PROFIBUS FMS (Fieldbus Message Specification - Спецификация полевых сообщений), который был разработан для коммуникационных задач с высокими требованиями. Следующим шагом стало дополнение этой спецификации более простым и быстрым протоколом PROFIBUS DP (Decentralized Periphery - распределенная периферия). Сейчас этот протокол доступен в трех функционально различных версиях DP-V0, DP-V1 и DP-V2.

2.2 Положение на рынке

Взяв за основу эти два протокола, разрабатывая множество прикладных профилей и быстро растущее количество устройств, PROFIBUS начал свое продвижение сперва в автоматизации предприятий, а с 1995г. в автоматизации процессов. Сегодня, PROFIBUS это лидер мирового рынка полевых технологий, владеющий более чем 20% рынка, примерно 500 000 задействованных прикладных систем и более 5 млн. узлов. Сегодня доступны более 2000 продуктов PROFIBUS от разных производителей.

2.3 Организация

Своим успехом PROFIBUS обязан в равных мерах своей прогрессивной технологии и достижениям его некоммерческой пользовательской организации PROFIBUS User Organisation (**PNO**), профессионального объединения производителей и пользователей, основанного в 1989г. Вместе с 22 региональными ассоциациями PROFIBUS по всему миру и международной головной организацией PROFIBUS International (**PI**), основанной в 1995г., эта организация сейчас насчитывает более 1

100 членов во всем мире. Цели заключаются в продолжении дальнейшей разработки технологии PROFIBUS и ее всемирном признании.

Наряду с финансированием большого фронта работ по развитию технологии и ее признанию, PI так же оказывает консультивную и информационную поддержку своим членам (пользователям и производителям) по всему миру, проводит процедуры обеспечения качества, а так же занимается закреплением технологии в международных стандартах.

PI составляет крупнейшую в мире пользовательскую ассоциацию полевых технологий. Она в равной мере олицетворяет перспективность и ответственность: перспективы продолжать создание и внедрение ведущих технологий и ответственность за то, что главы пользовательских организаций не отступятся от своей цели достичь открытости системы и защитить инвестиции. Это обязательство (см. вступление) служит главным принципом всех участвующих.

2.4 PROFIBUS "Tool Box"

PROFIBUS имеет модульную структуру и предлагает целый ряд коммуникационных технологий, множество прикладных и системных профилей, а так же инструментарий для управления устройствами. Поэтому PROFIBUS покрывает различные требования из области автоматизации предприятий и процессов в зависимости от специфики приложения. Количество промышленных объектов с PROFIBUS является доказательством высокой степени внедрения этой полевой технологии.

С технологической точки зрения, нижний уровень структуры системы PROFIBUS (коммуникационный) основан на вышеупомянутой сетевой модели ISO/OSI (см. рис. 3). Описание этапов осуществления обмена информацией намеренно сделано абстрактным, без предоставления деталей содержания и практической реализации. На рисунке 3 представлена реализация в PROFIBUS модели OSI (1, 2 и 7 уровней) с деталями имплементации и спецификации каждого уровня.

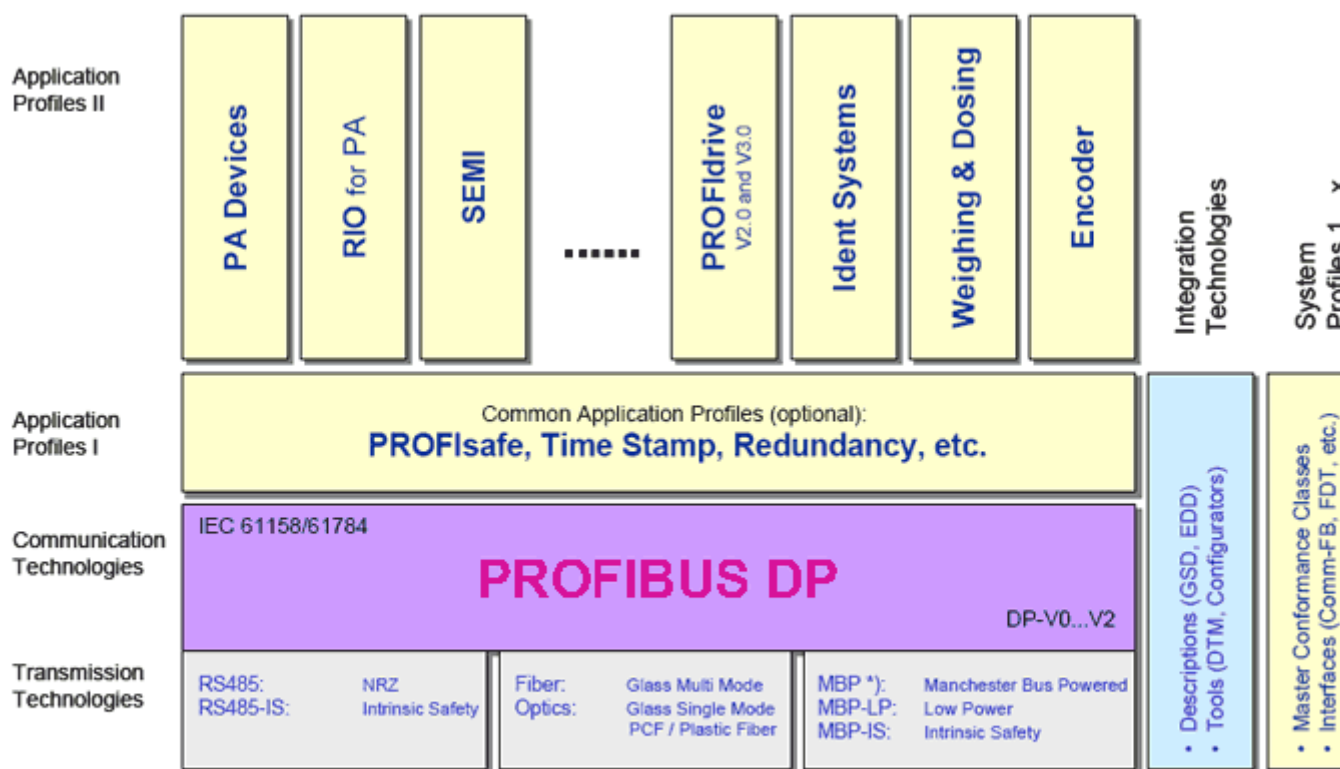


Рис. 3: Структура технической системы PROFIBUS

Спецификации по определенным применениям устройств, согласованные между производителями и пользователями, располагаются поверх 7 уровня в прикладных профилях I и II.

Модульная система, показанная на рис. 3, имеет следующие сквозные черты:

- Функции и инструментальные средства для описания и интеграции устройств
- Ряд стандартов (интерфейсов, главных профилей, системных профилей) которые в первую очередь служат для реализации унифицированных, стандартизированных систем.

С **пользовательской точки зрения** PROFIBUS представляется в форме компонент различного типичного применения, которые не определены спецификациями, но считаются полезными в силу частого использования. Каждая компонента вытекает из типичной (но не специфически заданной) комбинации модульных элементов и групп технологий передачи данных, коммутируемых протоколов, прикладных профилей. (рис. 4).

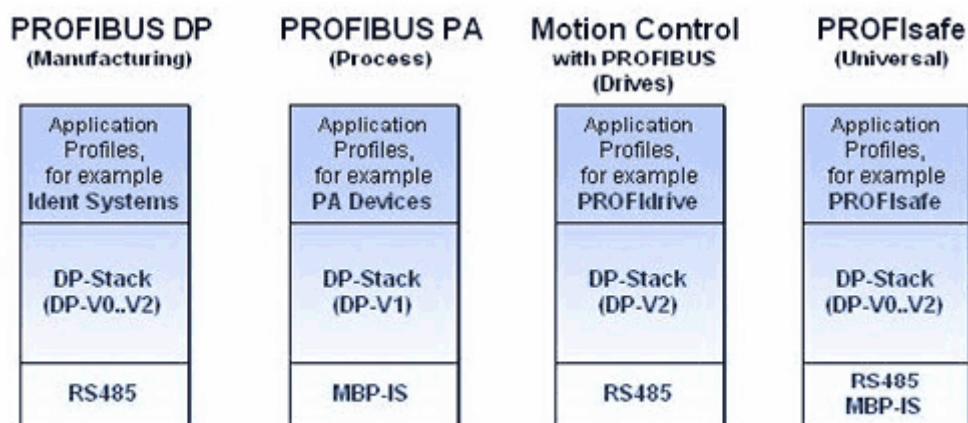


Рис. 4: Типичные прикладные функциональные возможности PROFIBUS

PROFIBUS DP это главная компонента автоматизации предприятий; здесь используется технология передачи RS485, один из коммуникационных протоколов DP, один или более прикладных профилей, типичных для автоматизации предприятия, таких как Ident Systems или Robots/NC.

PROFIBUS PA является главной компонентой автоматизации процессов, обычно с применением технологии передачи MBP-IS, коммуникационного протокола DP-V1 и прикладного профиля PA Devices.

Управление перемещением с PROFI-BUS - главная компонента технологии приводной техники, используется технология передачи RS485, коммуникационный протокол версии DP-V2 и прикладной профиль PROFIdrive.

PROFIsafe используется в приложениях безопасности (одинаково используется практически во всех отраслях промышленности) с технологиями передачи RS485 или MBP-IS, одной из доступных версий протокола DP и прикладным профилем PROFIsafe.

2.4.1 Технологии передачи

Для PROFIBUS доступен целый ряд технологий передачи данных.

RS485 - используемая практически повсеместно технология передачи данных. Она использует витую пару и позволяет добиться скорости передачи до 12 Mbit/sec.

Недавно специфицирована технология **RS485-IS** с четырех жильным кабелем с категорией взрывозащиты EEx-i для использования на взрывоопасных производствах. Заданные уровни напряжения и тока относятся к максимальным безопасным значениям и не должны превышать ни в отдельных устройствах, ни во время установления взаимных соединений в системе. В противоположность модели FISCO, в которой, по сути, присутствует только один безопасный источник, в нашем случае все станции являются активными источниками.

Технология передачи MBP (Manchester Coded, Bus Powered, ранее обозначалась "IEC 1158-2 - Physics) используется в автоматизации процессов, требующих питания по шине и искробезопасности устройств. По сравнению с использовавшейся ранее процедурой «Fieldbus Intrinsically Safe Concept»

(«Концепция искробезопасности полевых устройств», FISCO), которая была разработана специально для соединения искробезопасных полевых устройств, существенно упрощает планирование и установку.

Оптоволоконная передача подходит для использования в районах с высоким уровнем электромагнитных помех, или где требуется сеть на большие расстояния.

2.4.2 Коммуникационные протоколы

На уровне протокола, PROFIBUS - DP с его версиями с DP-V0 по DP-V2 предлагают широкий спектр опций, позволяющих добиться оптимальных параметров передачи между разными приложениями. Исторически, FMS был первым коммуникационным протоколом PROFIBUS.

FMS (Fieldbus Message Specification - Спецификация сообщений через полевую шину) разработан для связи на уровне секций, где программируемые контроллеры, такие как PLC и PC, общаются в основном друг с другом. Он был предшественником PROFIBUS DP.



Рис. 5: Конфигурация PROFIBUS с активными ведущими и ведомыми устройствами.

DP (Decentralized Periphery - Распределенная периферия) это протокол простого, быстрого, циклического и детерминированного обмена данными между ведущим и заданными ведомыми устройствами. Первоначальная версия, обозначенная DP-V0, была расширена до версии DP-V1, включающей ациклический обмен между ведущим (master) и ведомым (slave). Следующая версия DP-V2 обеспечивает связь напрямую между пассивными устройствами с изохронным циклом обмена. **Протокол доступа к шине**, на 2-м канальном уровне определяет процедуру схемы «главный-подчиненный» и процедуру передачи маркера для координации нескольких главных устройств на шине (рис. 5). В задачи 2-го уровня так же входят такие функции, как защита данных и оперирование фреймами данных.

Прикладной уровень, уровень 7 формирует интерфейс к прикладным программам. Он предлагает различные сервисы для циклического и ациклического обмена данными.

2.4.3 Профили

Профили это спецификации, определенные производителями и пользователями в отношении определенных свойств, характеристик производительности и поведения устройств и систем. Спецификации профилей определяют параметры и поведение устройств и систем, принадлежащих профильному семейству, сформированному профильно-согласованной разработкой, что способствует интероперабельности устройств и, в некоторых случаях, взаимозаменяемости устройств на шине. В профиле учитываются область применения и специфические для заданного типа характеристики полевого устройства, средства и методы интеграции (проектирование модели пром. объекта). Термином «профиль» обозначают широкий диапазон спецификаций, от нескольких спецификаций для определенного класса устройств, вплоть до спецификации применения в промышленной отрасли. Общий для всех профилей, это *прикладной профиль*.

Далее различают **общие прикладные профили**, реализующие опции для разных приложений (сюда входят, например, профили PROFIsafe, Redundancy и Time Stamp), **специфические прикладные профили**, разработанные для специфических приложений (такие как PROFIdrive, SEMI или PA Devices), **системные и master профили**, которые описывают функциональность определенных систем, доступную полевым устройствам.

PROFIBUS предлагает широкий спектр таких прикладных профилей.

2.5 PROFIBUS - Ключ к успеху

Успех PROFIBUS, его мирового лидерства, определяется многими факторами:

- PROFIBUS дает производителям промышленного оборудования и владельцам производств всеотраслевую, универсальную открытую технологию.
- PROFIBUS является ключевым фактором заметного снижения стоимости разработки промышленных объектов.
- PROFIBUS плавно и логично расширял область своего применения, принимая во внимание требования соответствующих прикладных областей. Это гарантирует оптимальную поддержку приложений, определяемых спецификой своей отрасли.
- PROFIBUS означает оптимальную интеграцию во многие автоматизированные системы, благодаря всемирному признанию и повсеместному использованию.
- PROFIBUS преследует цели стабилизации и широкого признания коммуникационных платформ, дальнейшей разработки прикладных профилей и привязки промышленной автоматике к информационной области корпоративного менеджмента.

3.1 Технологии передачи данных

Первый уровень сетевой модели **ISO/OSI** определяет методы «физической» передачи данных, т.е. электрический и механический стандарты. Сюда входят метод кодирования и используемый стандарт передачи (RS485). Первый уровень называется физическим.

PROFIBUS позволяет использовать разные технологии передачи на первом уровне (см. таблицу 4). Все технологии основаны на международных стандартах и назначены PROFIBUS и в IEC 61158, и в IEC 61784.

3.1.1 Технология передачи данных RS485

Технология передачи RS485 является простой и экономически эффективной и используется, в основном, для задач, где требуется высокая скорость передачи. Для передачи используется двухжильная экранированная витая пара.

Технология RS485 проста в использовании. Для прокладки кабеля не требуется экспертных данных. Структура шины позволяет добавлять или удалять станции, либо проводить постепенный ввод в действие системы, не оказывая влияния на другие станции. Последующее расширение (в определенных пределах) не влияет на уже работающие станции.

Скорость передачи [KBit/s]	Длина сегмента [m]
9.6; 19.2; 45.45; 93.75	1200
187.5	1000
500	400
1500	200
3000; 6000; 12000	100

Эти значения относятся к кабелю типа А со следующими свойствами:

Импеданс	135 to 165 Ω
Емкость	≤ 30 pf/m
Сопротивление шлейфа	≤ 110 Ω/km
Диаметр провода	> 0.64 mm
Поперечное сечение	> 0.34 mm ²

Таблица 3: Скорость передачи и длина сегмента для кабеля типа А

Одной из новых опций является способность RS485 работать во взрывоопасных областях (RS485-IS, смотрите пояснения в конце этого раздела).

Характеристики RS485

Скорость передачи можно выбирать из диапазона от 9.6 Kbit/s до 12 Mbit/s. Для всех устройств во время пусконаладочных работ выбирается одна и та же скорость. Можно подключать до 32 станций. Максимальная длина линии зависит от скорости передачи. Эти и другие свойства описаны в таблице 4.

Инструкции по установке RS485

Все устройства соединяются в магистральную структуру (линейную). В одном сегменте могут соединяться до 32 станций (ведущих или подчиненных). В начале и конце каждого сегмента помещают активную оконечную нагрузку шины (рис. 6). Обе оконечные нагрузки имеют постоянное питание от шины, чтобы гарантировать безошибочность работы. Оконечная нагрузка обычно включается в устройства или коннекторы. Если требуется соединить более 32 станций или нужно расширить область сети, для соединения отдельных сегментов шины нужно использовать *повторители*.

Кабели и коннекторы

Для соединения устройств друг с другом или с сетевыми элементами (разделителями, соединителями и повторителями) можно использовать разные типы кабелей (с обозначениями типа А - D). При использовании технологии RS485, PI рекомендует использовать кабель типа А (см. данные в таблице 3).

Многие производители предлагают "PROFIBUS" кабели; PI очень рекомендует системы быстрого соединения, которые при использовании подходящего кабеля и специального инструмента делают прокладку кабеля быстрой, надежной и чрезвычайно простой.

Соединяя станции, всегда удостоверьтесь, что линии данных не перепутаны. Всегда используйте экранированный кабель для линий данных (тип А экранирован), чтобы гарантировать устойчивость системы к электромагнитному излучению. Экран должен заземляться на обоих концах, если это возможно, для заземления экрана следует использовать крепежные детали с большой площадью. Далее, всегда проверяйте, что линии данных уложены отдельно друг от друга и, по возможности, вдали от всех силовых кабелей. Никогда не используйте ответвительные линии связи, если скорость передачи выше 1.5 Mbit/s.

Доступные на рынке коннекторы позволяют напрямую соединять входящие и выходящие линии данных в коннекторе. Это избавляет от необходимости использовать ответвительные линии, а коннектор можно подсоединять к шине и отсоединять от нее в любой момент времени, не прерывая обмен данными. Тип коннектора, подходящий для технологии RS485, зависит от степени защиты.

Гибридная соединительная система дает возможность передачи данных с использованием оптоволоконна и рабочего напряжения 24 В для периферии через медный кабель в общем гибридном кабеле.

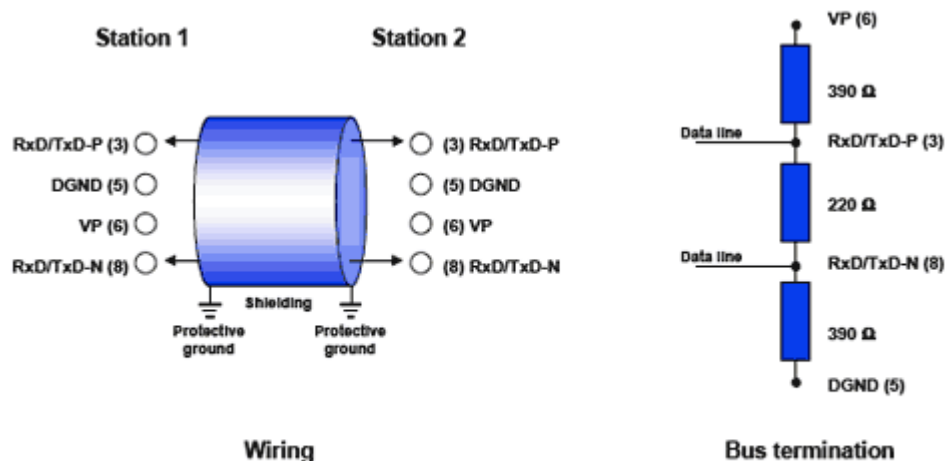


Рис. 6: Прокладка кабеля и шинное окончание в технологии RS485

Проблемы с передачей данных в сетях PROFIBUS обычно возникают из-за неправильной разводки или прокладки кабеля. Эти проблемы можно решить, используя устройства тестирования шины, которые могут определять много типичных ошибок разводки до начала эксплуатации.

RS485-IS

Пользователям бывает нужно использовать RS485 с ее высокими скоростями передачи во взрывоопасных областях. PNO приняла это требование и разработала руководство по конфигурации искробезопасных решений на базе RS485 с поддержкой простой взаимозаменяемости устройств. Спецификация интерфейса определяет уровни тока и напряжения, значения которых для безопасной работы должны обеспечивать все станции. Для электрических цепей указаны максимальные значения тока при заданных уровнях напряжения. При соединении активных источников, сумма токов всех станций не должна превышать максимальное разрешенное значение.

Инновация концепции RS485-IS заключается в том, что, в отличие от модели FISCO, имеющей только один безопасный источник, все станции могут быть активными источниками. Продолжение исследования испытательного комплекса показало, что к искробезопасной шине можно будет подключать до 32 станций.

3.1.2 Передача данных с MBP

Термином MBP обозначают технологию передачи данных со следующими свойствами:

- Manchester Coding (M)" (манчестерское кодирование) и
- Bus Powered (BP)" (питание от шины).

Этот термин заменил ранее использовавшиеся для обозначения искробезопасной передачи термины «Physics in accordance with IEC 61158-2», «1158-2» и т.п. Причина такой замены в том, что IEC 61158-2 (физический уровень) описывает несколько разных технологий соединения, включая технологию MBP, не являясь, таким образом, непротиворечивым.

MBP это технология синхронной передачи данных с заданной скоростью в 31.25 Kbit/s и применением манчестерского кодирования. Эта технология часто используется в автоматизации процессов, поскольку она отвечает ключевым требованиям химической и нефтехимической промышленности по искробезопасности и питанию от двужильной шины. Характеристики технологии приведены в таблице 4. Это значит, что PROFIBUS может использоваться в потенциально взрывоопасных прикладных областях.

	MBP	RS485	RS485-IS	Оптоволокно
Передача данных	Цифровая, bit-synchronous, Манчестерское кодирование	Цифровая, дифференциальный сигнал в соответствии с RS485, NRZ	Цифровая, дифференциальный сигнал в соответствии с RS485, NRZ	Оптическая, цифровая, NRZ
Скорость передачи	31.25 KBit/s	от 9.6 до 12,000 KBit/s	от 9.6 до 1,500 KBit/s	от 9.6 до 12,000 KBit/s
Безопасность данных	Преамбула, контроль ошибок, разграничитель начала/конца	HD=4, бит чётности, разграничитель начала/конца	HD=4, бит чётности, разграничитель начала/конца	HD=4, бит чётности, разграничитель начала/конца
Кабель	Экранированный, медная витая пара	Экранированный, медная витая пара, тип кабеля А	Экранированный, витой 4х-жильный, тип кабеля А	Многомодовое / одномодовое стекловолокно, PCF, пластик
Выносное питание	Опционально через сигнальную шину	Через дополнительную шину	Через дополнительную шину	Через гибридную шину
Категория защиты	Взрывобезопасность (EEx ia/ib)	Нет	Взрывобезопасность (EEx ib)	Нет
Топология	Линейная и древовидная с терминированием; также в комбинации	Линейная с шинным терминированием	Линейная с шинным терминированием	Обычно звездовидная и кольцевая; возможна линейная
Количество станций	До 32 станций в сегменте; максимальное общее количество 126 в сети	До 32 станций в сегменте без повторителя; до 126 с повторителем	До 32 станций в сегменте; до 126 с повторителем	До 126 станций в сети
Количество повторителей	Max. 4	Max. 9 с обновлением сигнала	Max. 9 с обновлением сигнала	Не ограничено с обновлением сигнала (временная задержка сигнала)

Таблица 4: Технологии передачи физического уровня в PROFIBUS

Инструкции по установке MBP

Технология соединения

Искробезопасная технология передачи данных MBP обычно ограничивается определенными сегментами пром. объекта (полевые устройства в районе повышенного риска), которые затем соединяются в сегмент RS485 (управляющая система и инженерные станции в диспетчерской) посредством сегментных разделителей (segment coupler) или соединителей (links) (рис. 7).

Сегментные

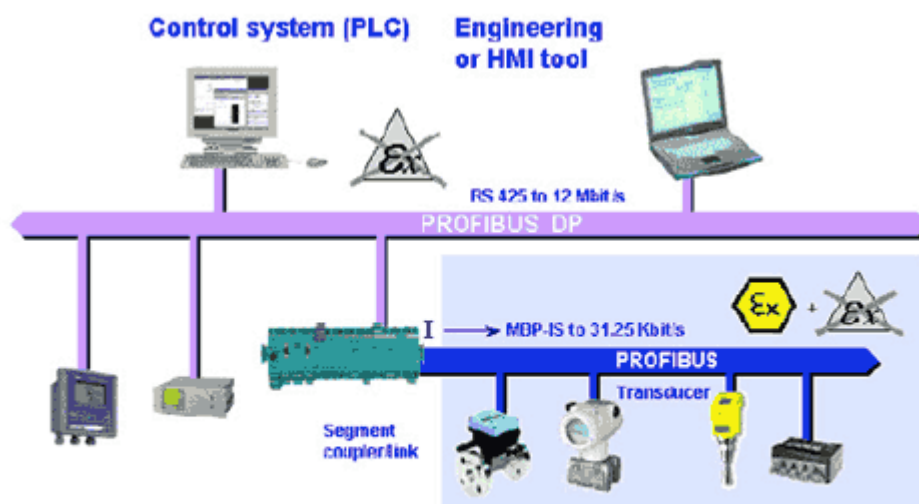


Рис. 7: Топология пром.объекта и питание полевых устройств от шины с применением технологии MBP

разделители это преобразователи сигнала, модулирующие сигналы RS485 до уровня сигнала MBP и обратно. С точки зрения шинного протокола, они полностью прозрачны.

В противоположность, **соединители** имеют внутреннюю логику. Они представляют все полевые устройства, объединенные в MBP сегмент, единым подчиненным устройством для RS485 сегмента. В RS485 сегменте с использованием соединителей нет ограничений по скорости передачи, так что быстрые сети можно реализовать для полевых устройств с MBP соединением.

Сетевые топологии с MBP

PROFIBUS с передачей MBP поддерживает древовидные или линейные структуры (и любые их комбинации).

В линейной структуре станции подсоединяются к магистральному кабелю через T-образные адаптеры. Древовидная топология сравнима с классическим методом полевой установки. Основной многожильный кабель заменяется основным двухжильным шинным кабелем, полевой распределитель сохраняет свои функции по соединению полевых устройств и терминированию шины. В древовидной топологии все полевые устройства, объединенные в полевом сегменте, подключаются параллельно в полевом распределителе. Надо принимать во внимание максимальную допустимую длину ответвительной линии. В искробезопасных приложениях, максимальная допустимая длина ответвительной линии составляет 30 м.

Передающая среда

В качестве передающей среды используется экранированный двухжильный кабель, см. рис. 6. Магистральный кабель имеет пассивные концевые элементы на обоих концах, которые содержат RC элементы, включенные последовательно, с $R = 100 \text{ а}$ и $C = 2 \text{ uF}$. Шинный терминатор уже встроен в сегментный разветвитель или соединитель. При использовании технологии MBP, некорректное подключение полевого устройства (т.е. обращение полярности) не оказывает никакого эффекта

на работоспособность шины, поскольку эти устройства обычно содержат функцию автоматического определения полярности.

Количество станций, длина линии

Количество станций, которые можно объединить в сегмент, ограничивается 32. Тем не менее, это число может быть затем переопределено с учетом категории защиты и питанием от шины (если оно есть).

В искробезопасных сетях, строгие ограничения накладываются и на напряжение питания, и на максимальное значение питающего тока. Однако выходные значения блоков питания ограничиваются и в не искробезопасных сетях. Для практического определения максимальной длины линии, достаточно посчитать требования по питанию подключенных полевых устройств, определить блок питания и длину линии для выбранного типа кабеля. Требуемое значение тока (=Σ требований по питанию) получают из суммы основных токов полевых устройств, подключенных к соответствующему сегменту, плюс резервные 9 мА на сегмент для рабочего тока FDE (Fault Disconnection Electronics), где это применимо. FDE предотвращает постоянное блокирование шины вышедшим из строя устройством.

Разрешено объединение устройств, питающихся от шины и от внешнего источника. Следует обратить внимание, что питающиеся от внешнего источника устройства так же потребляют основной ток через шинное окончание, что должно быть учтено при расчете максимального доступного питающего тока.

Модель FISCO значительно упрощает проектирование, установку и расширение сетей PROFIBUS в потенциально взрывоопасных районах (см. главу 3.1.4).

3.1.3 Технология передачи данных по оптоволокну

Некоторые прикладные условия использования полевых устройств накладывают строгие ограничения на проводные технологии передачи, например, в среде с высоким электромагнитным излучением или когда сеть должна покрывать очень большие расстояния. В этих случаях подойдет оптоволоконная передача. Руководство PROFIBUS (2.022) по оптоволоконной передаче специфицирует доступные для этих целей технологии. При создании этих спецификаций, было приложено действительно огромное усилие, чтобы сделать возможной простую интеграцию существующих полевых устройств PROFIBUS в оптоволоконные сети без изменения протокола физического уровня. И это гарантировало обратную *совместимость с существующими сетями PROFIBUS*.

Поддерживаемые типы оптоволоконного кабеля показаны в таблице 5. Возможны не только звездовидная и кольцевая топологии, но и линейная.

В самом простом случае, оптоволоконная сеть реализуется электро-оптическими преобразователями, подключаемыми к устройствам и оптоволоконному кабелю через интерфейс RS485. Это позволяет в зависимости от обстоятельств переключаться между передачами RS485 и оптоволоконной.

3.1.4 Модель FISCO

Модель FISCO (Fieldbus Intrinsically Safe Concept -Концепция полевой искробезопасности) существенно упрощает проектирование, установку и расширение сетей PROFIBUS в потенциально взрывоопасных районах.

Модель была разработана в Германии PTB (Physikalisch Technische Bundesanstalt - Федеральный Технический Институт Германии) и сейчас является базовой моделью функционирования полевых шин в потенциально взрывоопасных районах.

Модель базируется на том определении, что сеть считается искробезопасной и не требует индивидуальных вычислений искробезопасности, если соответствующие четыре шинных компонента (полевые устройства, кабели, сегментные разделители и шинные окончания) удовлетворяют заданным ограничениям по напряжению, току, выходной мощности, индуктивности и емкости. Соответствующее подтверждение можно получить через сертификацию компонентов уполномоченными аккредитационными агентствами, такими как PTB (Германия) или UL (США) и др

Если используются FISCO-проверенные устройства, то можно не только оперировать большим количеством устройств на линии, но можно так же заменять устройства во время функционирования системы устройствами от других производителей, или можно расширять линию - все это без необходимости длительных вычислений или сертификации системы. Так что можно использовать «plug & play» даже в зоне повышенной опасности. Вам лишь требуется убедиться в выполнении упомянутых выше правил (см. «Инструкции по установке MBP») при выборе блока питания, длины линии и шинного терминатора.

Передача данных с MBP и моделью FISCO базируется на следующих принципах:

- Питание не подается на шину, когда станция отправляет данные
- Каждый сегмент имеет только один источник питания
- Каждое полевое устройство потребляет, по крайней мере, 10 мА неизменяющегося основного тока в установившемся режиме
- Полевые устройства ведут себя как пассивная нагрузка по току
- Пассивные окончания линии ставятся на обоих концах магистрального кабеля
- Поддерживаются сети с топологиями звезда, дерево и линия.

С питанием по шине, неизменяющийся основной ток как минимум в 10 мА служит для подачи питания полевому устройству. Коммуникационные сигналы генерируются посылающим устройством, с модуляцией ± 9 мА к основному току.

Ограничения применения модели FISCO

- В сегменте разрешен только один источник питания
- Все станции должны соответствовать FISCO
- Длина кабеля не должна превышать 1000 м (класс защиты от возгорания i, категория a)/1900 м (класс защиты от возгорания i, категория b)
- Кабель должен удовлетворять следующим значениям:

$R'' = 15 \dots 150 \Omega/\text{km}$ $L'' = 0.4 \dots 1 \text{mH}/\text{km}$ $C'' = 80 \dots 200 \text{nF}/\text{km}$

- Все комбинации блоков питания и полевых устройств должны гарантировать, что допустимые входные переменные любого полевого устройства (U_i , I_i и P_i), в случае сбоя или КЗ, обязательно выше максимально возможных и проверенных выходных переменных соответствующего блока питания (U_0 , I_0 и P_0 ; в США: V_{max} , I_{max} и P_{max})

Преимущества для пользователя FISCO

- Поддерживается Plug & Play, даже в зонах повышенной опасности
- Не требуется системной сертификации
- Взаимозаменяемость устройств и расширение пром.объекта без длительных вычислений
- Максимальное количество подключенных устройств

3.2 Коммуникационный протокол DP

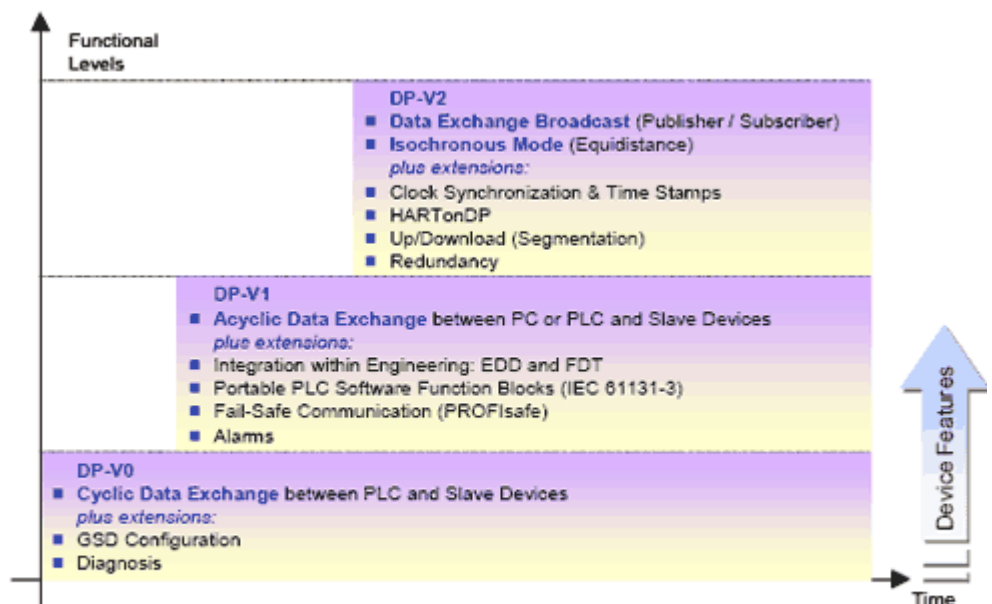


Рис. 8: Ключевые функции версий PROFIBUS DP

Коммуникационный протокол DP (Decentralized Peripherals - распределенная периферия) был разработан для быстрого обмена данными на полевом уровне. Центральные программируемые контроллеры, такие как PLC, PC или системы управления процессом, общаются с распределенными полевыми устройствами, такими как I/O, приводами, вентилями, преобразователями или анализирующими устройствами, через быстрое последовательное соединение. Обмен данными с распределенными устройствами, в основном, циклический. Коммуникационные функции, необходимые для него, определены как базовые функции протокола DP (версия DP-V0). Направляемый специфическими требованиями различных прикладных областей, протокол DP был постепенно расширен специальными функциями, так что теперь доступно три его версии; DP-V0, DP-V1 и DP-V2, при этом каждая версия имеет свои ключевые функции (см. рис. 8). Разбиение на версии в большой степени отражает хронологическую последовательность работы по спецификации как результата растущего объема прикладных требований. Версии V0 и V1 содержат и «характеристики» (обязательные для реализации) и опции, в то время как версия V2 специфицирует только опции.

Ключевые моменты трех версий следующие:

DP-V0 предоставляет базовую функциональность DP, включая циклический обмен данными, а так же диагностику станций, модулей и отдельных каналов.

DP-V1 содержит улучшения в сторону автоматизации процессов, а именно - ациклический обмен данными для назначения параметров, управления, визуализации и обработки сигналов интеллектуальных полевых устройств параллельно с циклическим обменом пользовательскими данными. Таким образом, возможен прямой доступ к станциям посредством инструментальных средств проектирования. Кроме того, DP-V1 определяет сигналы тревоги. Примерами различных типов сигналов могут служить сигнал состояния, сигнал обновления и специфические сигналы, определяемые производителями.

DP-V2 является дальнейшим улучшением протокола и ориентирован, в первую очередь, на требования технологии приводной техники. Благодаря дополнительной функциональности, такой как: наличие подчиненного режима и коммуникации между только подчиненными устройствами (DXB, Data exchange Broadcast) и т.п., DP-V2 можно реализовать в качестве приводной шины (drive bus) для управления последовательностями быстрых перемещений валов привода (drive axes).

Детальное описание версии DP дается в IEC 61158. Далее даны пояснения относительно ключевых характеристик.

3.2.1 Базовые функции DP-V0

Центральный контроллер (ведущий, master)

- циклически считывает поступающую подчиненных устройств информацию и
- циклически записывает выходную информацию на подчиненные устройства.

Длительность цикла обмена по шине должна быть меньше длительности программного цикла центральной АС, которая для большинства приложений составляет примерно 10 мс. Тем не менее, самой по себе высокой пропускной способности данных не достаточно для

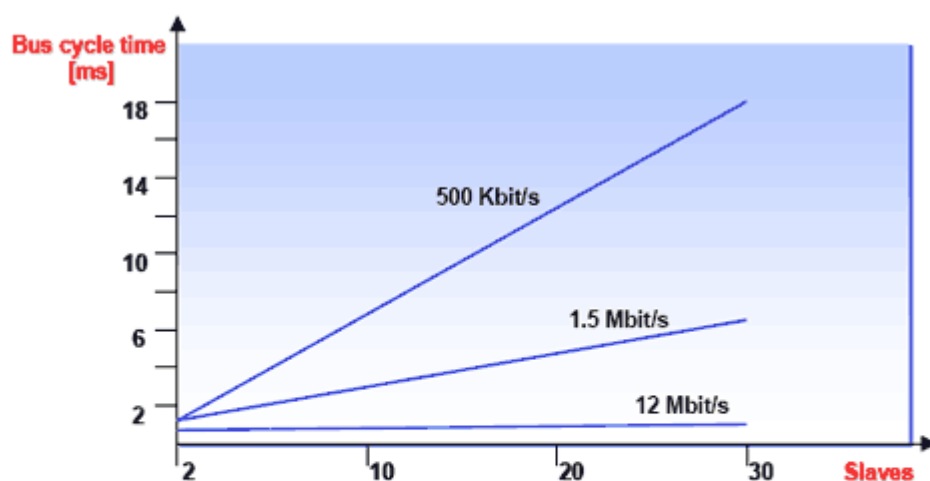


Рис. 9: Длительности цикла обмена DP системы с одним ведущим. Ограничения: каждое подчиненное устройство имеет 2 байта на входе и выходе.

успешной реализации системы шин. Простота использования, хорошая диагностическая система и помехоустойчивая технология передачи так же являются ключевыми факторами. DP дает оптимальную комбинацию этих характеристик (см. сводную таблицу 6).

Скорость передачи

DP требуется примерно 1 мс для передачи 512 бит входных данных и 512 бит выходных данных, распределенных по 32 станциям, на скорости 12 Mbit/s. На рис. 9 показаны типичные для DP длительности передач, в зависимости от числа станций и скорости передачи. При использовании DP входные и выходные данные передаются за один цикл сообщения. Пользовательские данные передаются с использованием **SRD Services** (**S**end and **R**ecieve **D**ata **S**ervice - сервисы по отправке и приему данных) второго уровня.

Функции обнаружения неисправностей

Функции всесторонней диагностики позволяют быстро локализовать неисправности. Диагностические сообщения передаются по шине и скапливаются ведущим устройством. Эти сообщения разделены на три уровня: **Диагностические сообщения отдельных устройств**. Сообщения о состоянии станции, такие как «Overheating», «Undervoltage» или «Interface unclear» (соответственно «Перегрев», «Пониженное напряжение», «Ошибка интерфейса») **Диагностические сообщения, связанные с модулем**. Эти сообщения показывают, завершена ли диагностика отдельного I/O субдомена станции (например, 8-битного модуля вывода). **Диагностические сообщения, связанные с каналом**. Эти сообщения указывают причину неисправности, связанной с отдельным битом (каналом) ввода/вывода, например, «Short-circuit at output» («Короткое замыкание в цепи вывода»).

Конфигурация системы и типы устройств

DP поддерживает реализацию систем как с одним, так и с несколькими ведущими устройствами. Это дает большую гибкость для конфигурации системы. К шине можно подключить до 126 устройств (ведущих и подчиненных). Спецификации конфигурации системы определяют следующее:

- количество станций
- привязку адресов станций к адресам I/O
- степень плотности (data consistences) I/O данных
- формат диагностических сообщений

Доступ к шине	<ul style="list-style-type: none"> • Передача маркера между ведущими и передача данных между ведущими и подчиненными • Вариант системы с одним или несколькими ведущими • Ведущие и подчиненные устройства, max 126 станций на одной шине
Связь	<ul style="list-style-type: none"> • Peer-to-peer (обмен пользовательскими данными) или многоадресная (управляющие команды) • Циклический обмен данными между ведущим и подчиненным
Рабочие (операционные) состояния	<ul style="list-style-type: none"> • Operate Циклическая передача входных и выходных данных • Clear Входы считываются, выходы удерживаются в безопасном состоянии • Stop Назначение параметров и диагностика, пользовательские данные не передаются
Синхронизация	<ul style="list-style-type: none"> • Управляющие команды позволяют синхронизировать входные и выходные сигналы • Sync mode (режим синхронизации) Синхронизированы выходные сигналы • Freeze mode (режим заморозки) Синхронизированы входные сигналы
Функциональность	<ul style="list-style-type: none"> • Циклический обмен пользовательскими данными между ведущим DP и подчиненным(и) устройствами • Динамическая активация/деактивация подчиненных; проверка конфигурации подчиненного устройства • Мощные диагностические функции, 3 уровня диагностических сообщений • Синхронизация входных и/или выходных сигналов • Опциональное назначение адресов подчиненным через шину • Максимум 244 байта входных/выходных данных на каждое подчиненное устройство
Защитные функции	<ul style="list-style-type: none"> • Передача сообщения с расстоянием Хэмминга HD=4 • сторожевой таймер (Watchdog) DP подчиненного отслеживает выход из строя своего ведущего • Защита доступа к входным и выходным данным подчиненных устройств • Текущий контроль обмена пользовательскими данными регулируемым таймером ведущего устройства
Типы устройств	<ul style="list-style-type: none"> • DP master class 1 (DPM1), например, центральный программируемый контроллер - PLC, PC. • DP master class 2 (DPM2), например, технические средства проектирования или диагностики. • DP slave, например, устройства с цифровыми или аналоговыми входами/выходами, приводы, вентили

Таблица 6: Обзор DP-V0

- используемые параметры шины.

Типы устройств

Каждая система DP состоит из устройств трех типов.

DP Master Class 1 (DPM1)

Это центральный контроллер, циклически обменивающийся информацией с распределенными станциями (подчиненными устройствами) в заданном цикле сообщения. Обычно устройства DPM1 это программируемые логические контроллеры (PLC) или персональные компьютеры (PC). DPM1 имеет активный доступ к шине, благодаря чему оно может в фиксированные моменты времени читать данные полевых устройств и писать заданные значения на исполнительные механизмы. Этот непрерывно повторяющийся цикл является основой функции автоматизации.

DP Master Class 2 (DPM2)

Устройствами этого типа являются инженерные, конфигурационные или управляющие устройства. Их запускают во время ввода системы в эксплуатацию, для работ по диагностике и тех. обслуживанию, чтобы конфигурировать подключенные устройства, оценивать данные замеров и параметры, запрашивать состояние устройств. Устройству DPM2 не требуется постоянно быть подключенным к шине. DPM2 тоже имеет активный доступ к шине.

Подчиненные устройства

Подчиненные устройства (slave) это периферическое устройство (I/O, приводы, человеко-машинные интерфейсы, вентили, преобразователи, анализирующие устройства), которое считывает информацию процесса и/или использует выходную информацию, чтобы участвовать в процессе. Есть так же устройства, которые занимаются исключительно обработкой входной или выходной информации. В отношении коммуникаций, подчиненные устройства пассивны, они лишь отвечают на прямые запросы. Такое поведение просто и эффективно реализуется (в случае DP-V0 оно у него целиком зашито в аппаратуру).

В системах с одним ведущим (single-master) только одно ведущее устройство может быть активно на шине во время выполнения операций. На рис. 10 показана конфигурация системы с одним ведущим.

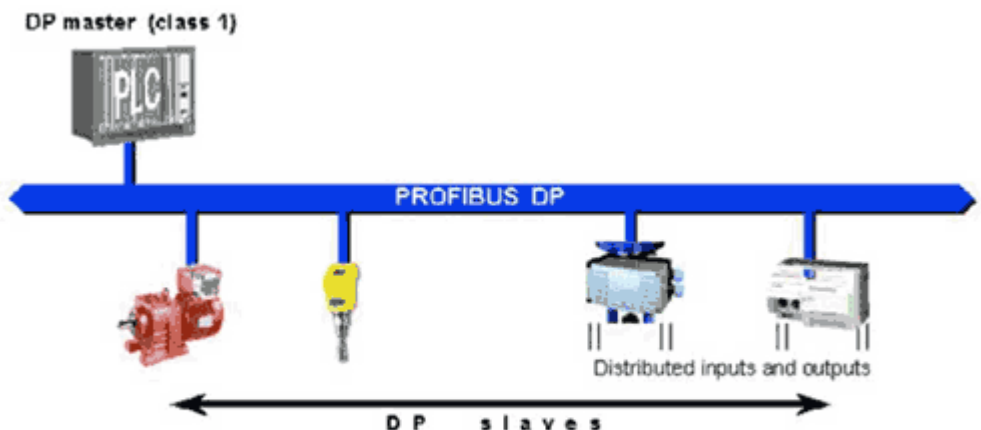


Рис. 10: Система PROFIBUS DP с одним ведущим (mono-master)

PLC это центральный управляющий компонент. Подчиненные устройства децентрализованно подсоединены к PLC передающей средой. Такая конфигурация системы дает наикратчайшие циклы обмена.

В системах с несколькими ведущими (**multi-master**) несколько ведущих устройств подключаются к одной шине. Они представляют собой либо независимые системы, содержащие одно устройство DPM1 и назначенные ему подчиненные устройства, либо дополнительные конфигурирующие или диагностирующие устройства. Выходные и входные образы подчиненных устройств могут считываться любым ведущим DP, однако только одно ведущее (DPM1, назначенное во время конфигурации) имеет доступ информации.

Поведение системы

Чтобы гарантировать высокую степень взаимозаменяемости устройств среди устройств одного и того же типа, было стандартизировано *системное поведение* DP. Это поведение определяется в основном рабочим (операционным) состоянием DPM1. Им можно управлять либо локально, либо через шину с конфигурирующего устройства. Есть три главных состояния:

Stop

Нет обмена данными между DPM1 и подчиненными.

Clear

DPM1 считывает входную информацию подчиненных устройств и удерживает выходы подчиненных устройств в безопасном состоянии («0» на выходе).

Operate

DPM1 находится в фазе передачи данных. При циклическом обмене данными, с подчиненных устройств считываются входные сигналы, выходные данные записываются.

DPM1 циклически посылает свое состояние всем назначенным подчиненным с использованием многоадресной (multicast) рассылки через конфигурируемые интервалы времени. Реакция системы на отказ во время фазы передачи данных устройством DPM1, например, выход из строя подчиненного устройства, определяется конфигурационным параметром «**auto clear**».

Циклический обмен данными между DPM1 и подчиненными

Обмен данными между DPM1 и его подчиненными автоматически управляется DPM1 в заданной повторяющейся последовательности (см. рис. 11). Пользователь определяет привязку подчиненного(ых) к DPM1 во время конфигурации системы шин. Пользователь также задает, какие подчиненные должны включаться в обмен пользовательскими данными или исключаться и него.

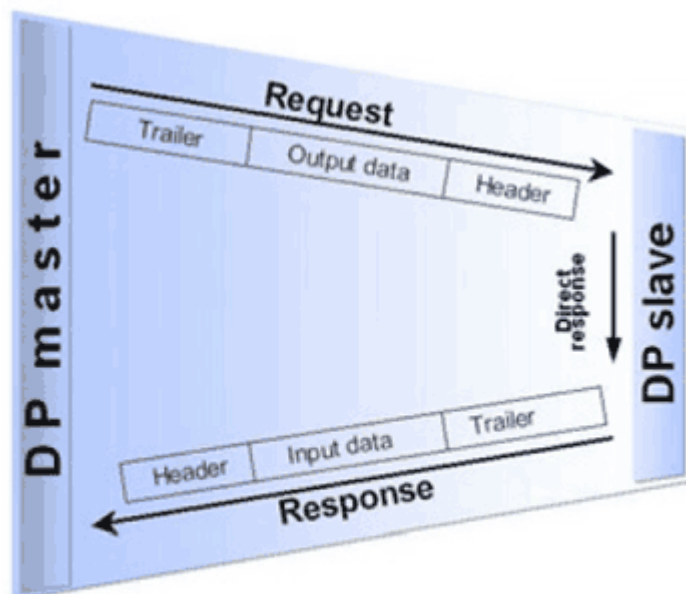


Рис. 11: Циклический обмен пользовательскими данными в DP

Обмен данными между DPM1 и его подчиненными разделен на три фазы:

параметрирование, конфигурирование и передача данных. Перед тем, как ведущее устройство переключит DP slave в фазу обмена данными, во время фаз параметрирования и конфигурирования выполняется проверка соответствия действительной конфигурации устройства заданной конфигурации. При этом проверяются тип устройства, формат и длина информационных сообщений, количество входов и выходов. Это дает надежную защиту пользователя от ошибок параметрирования. Кроме передачи пользовательских данных, которая выполняется DPM1 автоматически, пользователь может потребовать, чтобы подчиненным устройствам были посланы новые параметризационные данные.

Режимы sync и freeze

Помимо пользовательских данных, связанных с каждой станцией, передаваемых DPM1 автоматически, ведущее устройство может посылать управляющие команды всем подчиненными или группе подчиненных одновременно. Управляющие команды передаются как многоадресные и переводят подчиненные устройства в режимы sync и freeze для осуществления событийно-управляемой синхронизации.

Подчиненные устройства переходят в режим sync, когда получают команду синхронизации от назначенного ведущего устройства. Выходы всех адресованных командой устройств замораживаются в их текущем состоянии. В течение последующей передачи выходные данные сохраняются в подчиненных устройствах, а выходные состояния остаются без изменений. Сохраненные выходные данные не отправляются на выходы до получения следующей команды синхронизации. Режим синхронизации заканчивается командой «unsync».

Точно так же, команда freeze заставляет адресованные подчиненные устройства перейти в режим freeze. В этом режиме текущие состояния входов замораживаются. Входные данные не обновляются до тех пор, пока ведущее устройство не пошлет следующую команду freeze. Режим заморозки завершается командой unfreeze.

Защитные механизмы

По соображениям безопасности, необходимо гарантировать, что в DP есть эффективные защитные функции на случай некорректной параметризации или отказа передающего оборудования. С этой целью в DP ведущих и подчиненных устройствах встроен механизм текущего контроля в виде таймеров. Интервал наблюдения задается во время конфигурирования.

На стороне ведущего DP Master
DPM1 использует Data_Control_Timer (таймер контроля данных) для осуществления текущего контроля обмена данными подчиненных устройств. Для каждого подчиненного используется свой таймер. Монитор отключается, если в течение интервала наблюдения не было ни одной корректной пересылки пользовательских данных. Об этом уведомляют пользователя. Если включена автоматическая обработка ошибок (Auto_Clear = True), DPM1 выходит из рабочего состояния, переключает выходы своих подчиненных в безопасное состояние и переходит в режим clear.

На стороне подчиненного
Подчиненные устройства используют сторожевой таймер (watchdog control) для отслеживания ошибок передачи или ошибок ведущего устройства. Если в течение интервала таймера (watchdog control) обмен данными с ведущим не происходит, устройство автоматически переключает свои выходы в безопасное состояние. Кроме того, для подчиненных устройств, работающих в системе с несколькими ведущими (multi-master), требуется защита доступа к выходам. Это гарантирует, что только уполномоченное ведущее устройство имеет прямой доступ. Всем остальным подчиненные устройства предоставляют образ своих входов, которые могут быть считаны и без прав доступа.

3.2.2 Версия DP-V1

Ациклические коммуникации

Ключевой функцией-расширением версии DP-V1 являются ациклические коммуникации. Они формируют требования

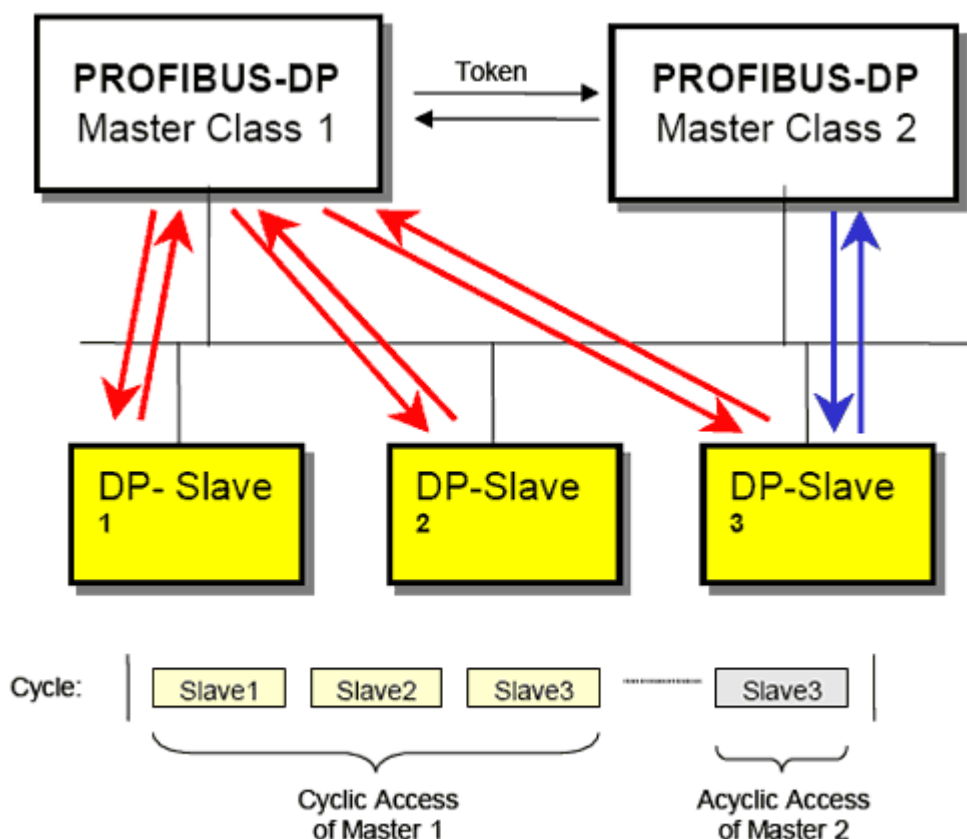


Рис. 13: Циклический и ациклический обмен данными в DP-V1

параметризовать и настраивать через шину полевые устройства во время работы системы, а так е ввести согласованные сигнальные сообщения. Передача ациклических данных выполняется параллельно с циклическими коммуникациями, но с более низким приоритетом. На рис. 13 для примера изображено несколько коммуникационных последовательностей. Ведущее устройство 1 класса (DPM1) владеет маркером и может посылать сообщения или получать их от подчиненного устройства 1, затем 2 и т.д. в фиксированном порядке пока не будет достигнуто последнее подчиненное устройство текущего списка (канал MS0); затем оно передает маркер ведущему устройству класса 2. Это устройство может теперь использовать оставшееся время («гар», «дыру») программного цикла, чтобы установить ациклическое соединение с любым подчиненным (на рис. 13 slave 3) для обмена записями (канал MS2); в конце текущего цикла оно возвращает маркер ведущему устройству класса 1. Ациклический обмен записями может длиться в течение нескольких последующих циклов или их «дыр»; в конце ведущее устройство класса 2 использует «дыру» для завершения ациклического соединения. Так е как и ведущее устройство класса 2, устройство класса 1 может выполнять ациклический обмен данными с подчиненными (канал MS1).

Дополнительные доступные сервисы перечислены в таблице 7.

Всесторонняя диагностика

В качестве дальнейшего улучшения в DP-V1 введена диагностика отдельных устройств, разделенная на сигналы категорий и сообщения состояния (см. рис. 12).

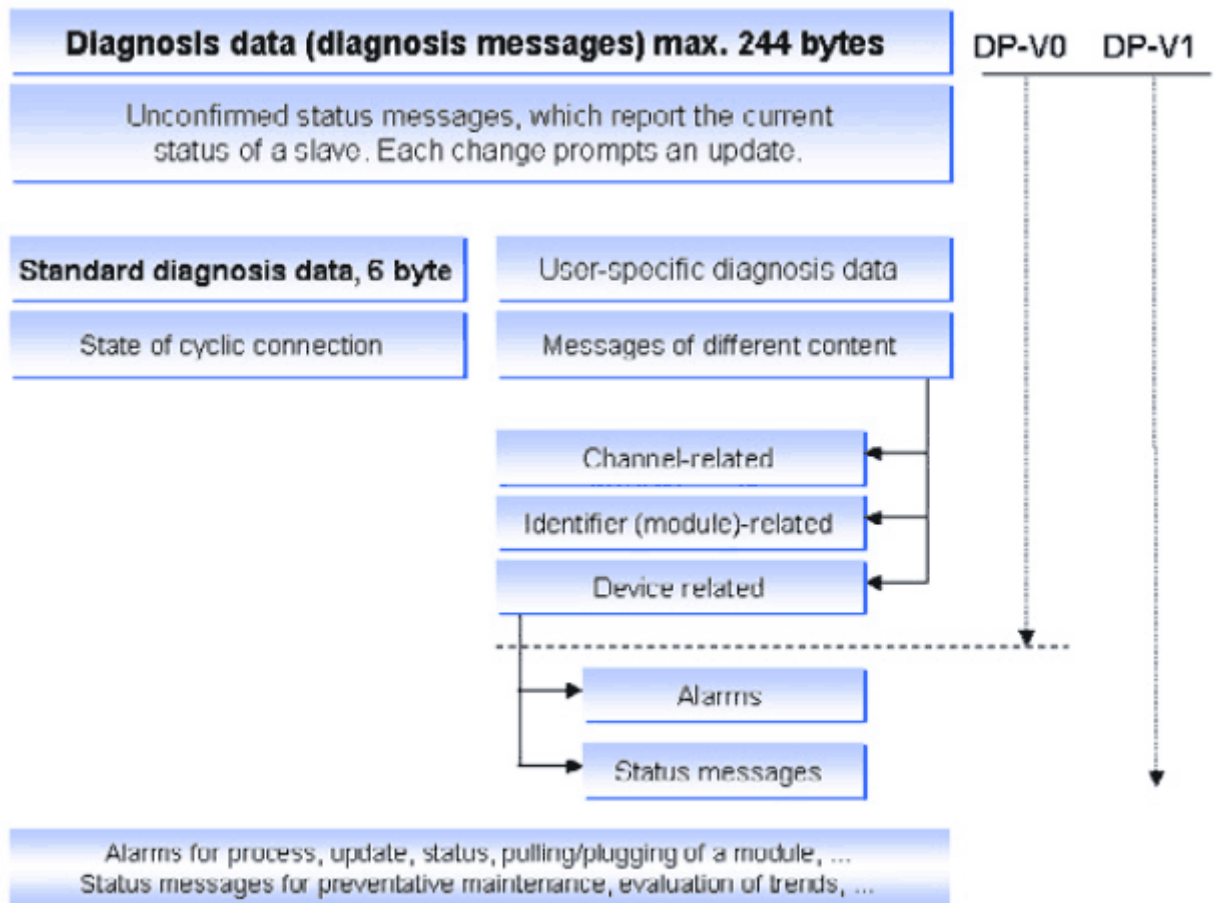


Рис. 12: Конфигурация диагностических сообщений в DP-V0 и DP-V1

3.2.3 Версия DP-V2

Коммуникации Slave-to-Slave (DXB)

Эта функция позволяет прямые коммуникации между подчиненными устройствами с помощью широковещательных сообщений, без вовлечения ведущего устройства, что экономит время. В этом случае подчиненное устройство ведет себя как «издатель», т.е. отклик подчиненного не идет через координирующее ведущее устройство, а напрямую к другим подчиненным последовательности, так называемым «абонентам» (см. рис. 15). Это позволяет подчиненным устройствам читать данные других подчиненных и использовать их в качестве своих входных

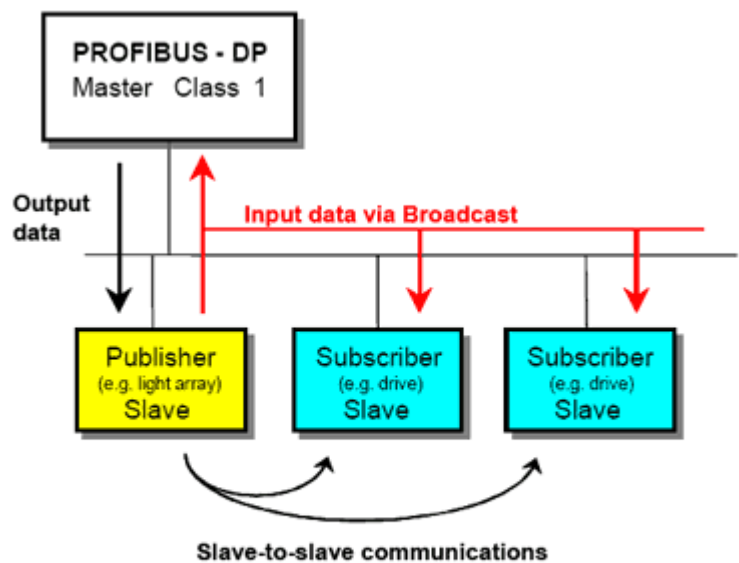


Рис. 15: Обмен данными напрямую между подчиненными устройствами (Slave-to-slave)

читать данные других подчиненных и использовать их в качестве своих входных

данных. И это открывает возможности для абсолютно новых приложений; а так же снижает время отклика по шине до 90%.

Изохронный режим

Функция делает возможными процессы позиционирования с высокой точностью, с отклонением от синхроимпульса менее 1 микросекунды. Циклы всех участвующих устройств синхронизируются с циклом ведущего устройства на шине широкопередаточным сообщением "глобального уровня". Синхронизация контролируется посредством специального признака (порядкового номера). На рис 14. показаны интервалы: для обмена данными (DX, зеленый), доступа ведущим устройством класса 2 (желтый) и резервный (белый). Красная стрелка показывает путь от исходного владельца данных (TI) через контроль передачи (Rx) к заданному выходу данных (TO), который покрывается в течение двух циклов обмена.

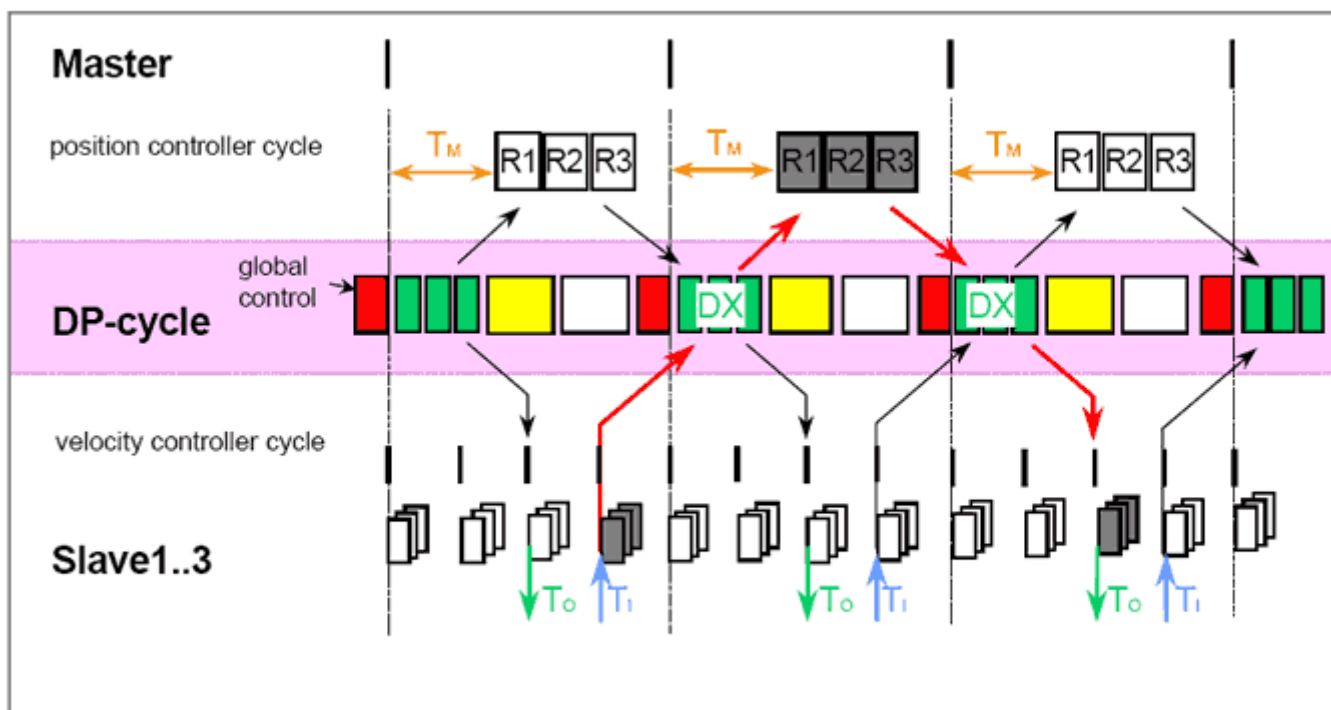


Рис. 14: Изохронный режим

Синхронизация

Эта функция (ведущее устройство в режиме реального времени посылает отметки времени всем своим подчиненным посредством новых MS3 сервисов без установления соединения, разработанных специально для этих целей) синхронизирует все станции с системным временем с отклонением менее 1 микросекунды. Это позволяет точно отслеживать события, что очень полезно для получения хронологического порядка событий в сетях с большим количеством ведущих устройств. Функция облегчает диагностику отказов, а так же хронологическое планирование событий.

Выгрузка и Загрузка

Эта функция делает возможной загрузку на полевое устройство любого объема информации всего несколькими командами. Таким образом, можно, например, обновлять программы или заменять устройства без необходимости ручной загрузки процессов.

Вызов функций

Сервис вызовы функций позволяет управлять программами (запускать, останавливать, получать возвращаемое значение, перезапускать) или вызовами функций (например, сбор данных в устройствах DP slave).

3.2.4 Адресация с помощью слота и индекса

При адресации данных, в PROFIBUS предполагается, что подчиненные устройства имеют модульную физическую структуру, либо их можно представить внутренне структурированными на функциональные единицы, так называемые модули. Эта модель так же используется базовыми функциями DP для циклического обмена данными, где каждый модуль имеет постоянное число входных/выходных байт, которые передаются на фиксированных позициях в пользовательских дейтаграммах. Процедура адресации основывается на использовании идентификаторов, которые характеризуют тип модуля - входной, выходной или их комбинация. Вместе, все идентификаторы образуют конфигурацию подчиненного устройства, которая тоже проверяется DPM1 во время загрузки системы.

Ациклический обмен данными тоже основывается на этой модели. Все блоки данных, к которым есть доступ на чтение/запись, считаются привязанными к модулям и могут быть адресованы с использованием номера слота и индекса. **Номер слота** адресует модуль, а **индекс** адресует блоки данных, назначенные этому модулю. Каждый блок данных может содержать до 244 байт (см. рис. 16). Если устройство модульное, номер слота назначается модулю. Последовательная возрастающая нумерация начинается с 1. Нулевой слот это само устройство. Компактные устройства считаются частью виртуального модуля и тоже могут адресоваться номером слота и индексом. Кроме того, есть возможность считывать/записывать часть блока данных, задавая длину в запросе на чтение/запись. Если доступ к блоку данных был успешным, подчиненное устройство посылает положительный ответ, в противном случае оно может классифицировать проблему посредством отрицательного ответа.

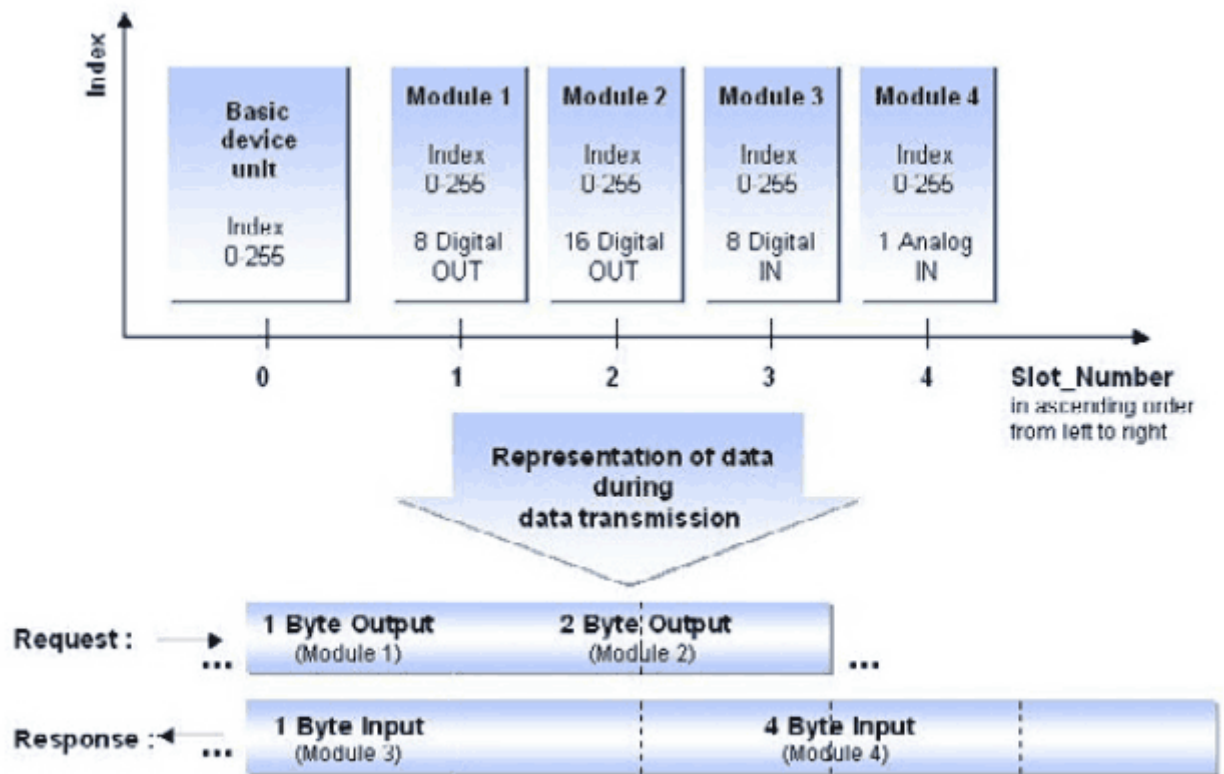


Рис. 16: Адресование с помощью номера слота и индекса

Сервисы ациклического обмена данными между DPM1 и подчиненными устройствами	
Read	Ведущее устройство считывает блок данных с подчиненного
Write	Ведущее устройство пишет блок данных на подчиненное
Alarm	Подчиненное устройство передает сигнал тревоги ведущему, который явным образом подтверждает получение сигнала. Подчиненное устройство может послать новый сигнал тревоги лишь после получения подтверждения; это предотвращает перезапись каких-либо сигналов.
Alarm_Acknowledge	Ведущее устройство подтверждает получение сигнала тревоги от подчиненного
Status	Подчиненное устройство посылает ведущему сообщение состояния. Без подтверждения.
<p>Передача данных требует установления соединения MS1. Оно устанавливается DPM1 и тесно связано с соединением для циклического обмена данными. Оно может использоваться лишь тем ведущим, которое параметрировало и конфигурировало соответствующее подчиненное устройство.</p>	

Сервисы ациклического обмена данными между DPM2 и подчиненными устройствами	
Initiate Abort	Установление и завершение соединения для ациклического обмена данными между DPM2 и подчиненным.
Read	Ведущее устройство считывает блок данных с подчиненного
Write	Ведущее устройство пишет блок данных на подчиненное
Data_Transport	Ведущее устройство может ациклически писать на подчиненное устройство специфические для приложения данные (заданные в профиле) и, при необходимости, считывать данные подчиненного в том же цикле.
<p>Передача данных требует установления соединения MS2. Оно устанавливается до начала ациклического обмена устройством DPM2 с использованием сервиса Initiate. Соединение теперь доступно для сервисов Read, Write и Data_Transport. Соединение завершается соответственно. Подчиненное устройство может одновременно поддерживать несколько активных соединений MS2. Тем не менее, количество соединений ограничивается доступными ему ресурсами.</p>	

Таблица 7: Сервисы ациклического обмена данными

Общие прикладные профили

Общие прикладные профили описывают функции и характеристики, которые относятся более чем к одному приложению. Также могут использоваться в сочетании со *специальными* прикладными профилями.

4.1 PROFIsafe

Довольно долго на технологии распределенной полевой шины для автоматизации предприятий и процессов накладывалось то ограничение, что решение задач безопасности могло осуществляться только использованием традиционной технологии второго уровня или распределением по специальным шинам. В

PROFIsafe PROFIBUS воплотил всестороннее открытое решение для приложений, связанных с безопасностью, которое удовлетворяет самым известным критериям безопасности.

PROFIsafe определяет, как устройства (кнопки аварийного останова, световые матрицы, предохранители и т.д.) могут обмениваться данными через PROFIBUS с контроллерами, чтобы их можно было использовать в приложениях, связанных с противоаварийной защитой, вплоть до категории KAT4 с EN954, AK6 или SIL3 (Safety Integrity Level). Он реализует безопасные коммуникации посредством профиля, т. е. специальным форматом пользовательских данных и специальным протоколом.

Спецификация была совместно разработана производителями, пользователями, комитетами по стандартизации и инспекциями (TUV, BIA). Она основывается на релевантных стандартах, в первую очередь на IEC 61508, который уделяет особое внимание проблемам разработки ПО.

PROFIsafe принимает во внимание вероятность количества ошибок, которые могут возникнуть при обмене данными через последовательную шину, например, задержки, потери и повтора данных, некорректных адресаций, последовательностей или данных.

Для PROFIsafe были выбраны следующие меры корректировки:

- Последовательная нумерация безопасных телеграмм.
- Тайм-аут для фреймов входящих подтверждение их получения.
- Идентификатор между отправителем и получателем («пароль»).
- Дополнительная безопасность данных (использование CRC).

Комбинируя эти меры с патентованным «SIL монитором» (мониторинг частоты ошибочных сообщений), PROFIsafe достигает класса безопасности SIL 3 и выше.

PROFIsafe это программное решение, которое реализуется в устройствах на

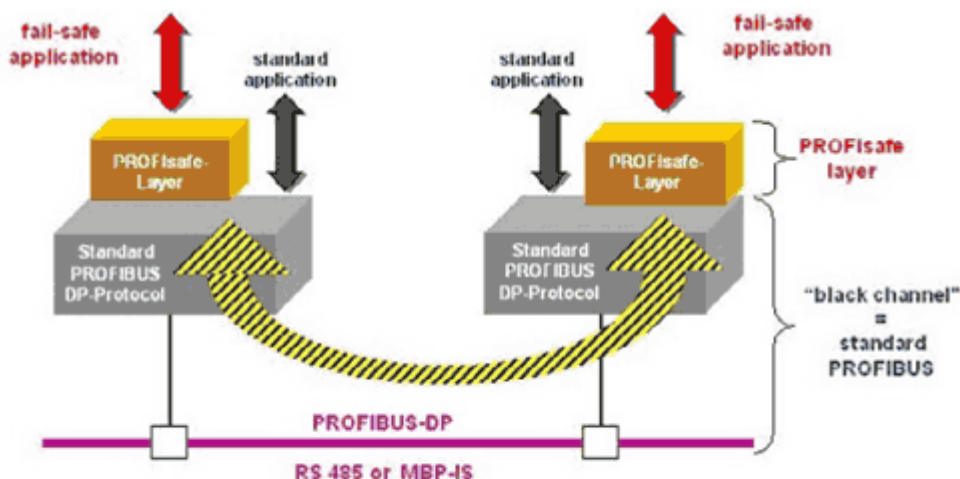


Рис. 17: Безопасный режим с PROFIsafe

дополнительном уровне, поверх седьмого (см. рис. 17). Стандартные компоненты PROFIBUS, такие как специализированные интегральные схемы, протоколы остаются без изменений. Это возможность резервирования и модификации.

Устройства с профилем PROFIsafe могут использоваться вместе устройствами без ограничений.

PROFIsafe использует ациклический обмен данными с применением технологий RS485, MBP или оптоволоконной. Это обеспечивает и короткое время отклика (что важно для обрабатывающей промышленности), и искробезопасность (что важно для автоматизации процессов).

В технологии обработки, необходимо предоставить и подготовить только *один* тип стандартных устройств для безопасного и обычного режимов функционирования, поскольку функциональность безопасности может быть сконфигурирована во время использования. Будучи типовым программным драйвером, PROFIsafe доступен для широкого спектра сред разработки и сред реального времени. Спецификацию можно найти в документе «PROFIsafe, Profile for Safety Technology», Order No. 3.092.

4.2 HART в PROFIBUS DP

В виду большого числа HART устройств, установленных на полевых шинах, интеграция этих устройств в существующие или новые системы PROFIBUS для большинства пользователей является ключевым моментом.

Спецификация PROFIBUS «HART» предлагает открытое решение этой проблемы. Оно включает преимущества коммуникационных механизмов PROFIBUS без необходимости изменений PROFIBUS протокола и сервисов, PROFIBUS **PDU** (**P**rotocol **D**ata **U**nits - блоки данных протокола) или конечных автоматов и функциональных характеристик.

Эта спецификация определяет профиль PROFIBUS, реализуемый в ведущем и подчиненном устройствах поверх седьмого уровня, таким образом, позволяя проецировать модель HART клиент-master-сервер на PROFIBUS. Участие HART Foundation в работе над спецификацией гарантирует полную совместимость со спецификациями HART.

Приложение HART-клиент интегрируется в PROFIBUS master, а HART master - в PROFIBUS slave (см. рис. 18), посредством чего последний служит мультиплексером и управляет коммутациями с HART устройствами.

Для передачи HART сообщений был определен канал связи, который работает независимо от соединений MS1 и MS2. **HMD** (**H**ART **M**aster **D**evice -ведущее HART устройство) поддерживает несколько клиентов, количество которых зависит от реализации. HART устройства могут подключаться через HMD к PROFIBUS разными компонентами (руководство PROFIBUS "PROFIBUS Profile for HART").

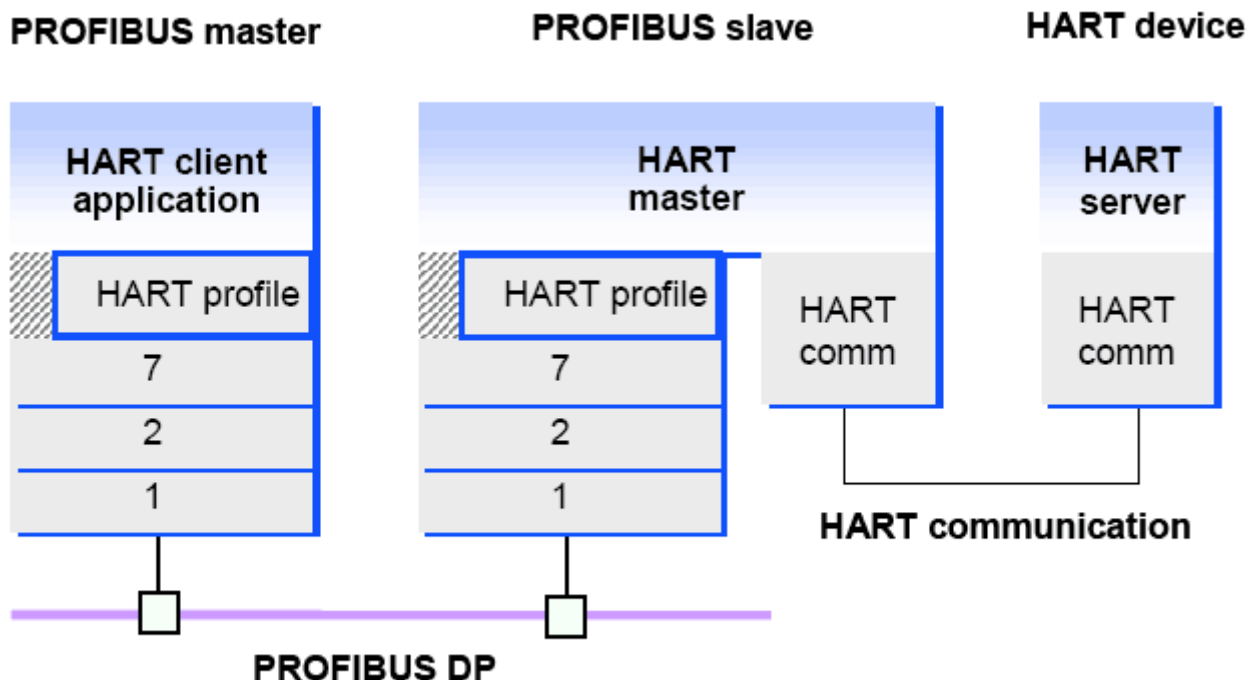


Рис. 18: Интеграция HART устройств в PROFIBUS DP

4.3 Time Stamp

Записывая сообщения диагностики или отказа, полезно снабжать события и действия меткой времени.

В этих целях, PROFIBUS предлагает профиль time stamp. Обязательное условие - тактовая синхронизация подчиненных устройств сервисами MS3. Событию приписывается точное системное время, которое можно соответственно считать. Используется подход градации сообщений. Типы сообщений называются общим термином «Alerts» и разделены на высокоприоритетные «сигналы» (передают диагностические сообщения) и низкоприоритетные «события».

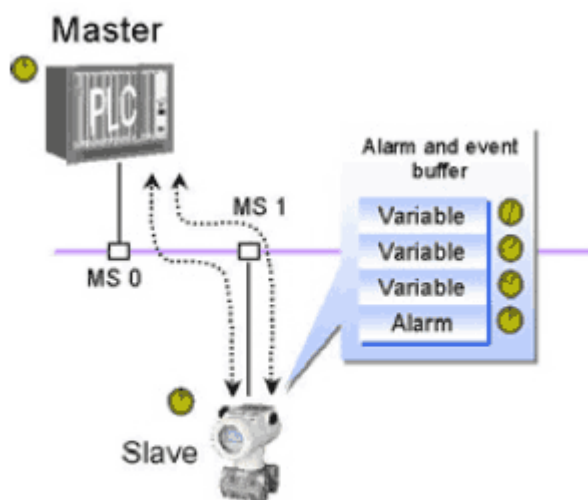


Рис. 19: Отметки времени и сигнальные сообщения

В обоих случаях ведущее устройство ациклически читает (используя сервисы MS1) данные процессов с отметками времени и сигнальные сообщения из буфера сигналов и событий полевого устройства (см. рис. 19). Пожалуйста, обратитесь к соответствующему документу, Руководству PROFIBUS "Time Stamp", Order No. 2.192.

4.4 Резервирование подчиненных устройств

Во многих приложениях желательна установка резервированных полевых устройств или линий связи. Для них PROFIBUS подготовил спецификацию для механизма *slave-резервирования*, которая описывает следующие характеристики устройства (см. рис. 20):

- Подчиненное устройство содержит два разных интерфейса PROFIBUS, называемых первичным (*primary*) и запасным (*backup*) (slave интерфейс). Они могут содержаться либо в одном устройстве, либо в двух.
- Устройства оборудованы двумя независимыми стеками протоколов со специальным расширением для резервирования.
- **Резервированная связь (redundancy communication, RedCom)** происходит между стеками протоколов, т.е. внутри одного устройства или между двумя устройствами.

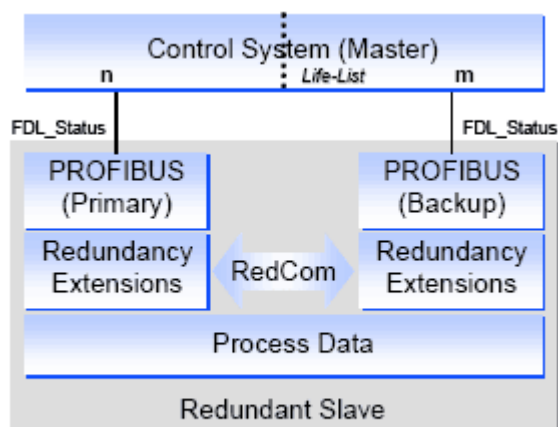


Рис. 20: Резервирование подчиненных устройств

В штатном режиме, коммуникации происходят исключительно через первичный интерфейс, только он сконфигурирован, а так же он посылает диагностические данные запасного интерфейса. В случае если первичный интерфейс откажет, запасной примет на себя его функции либо по той причине, что он сам определил этот отказ, либо по требованию ведущего. Кроме того, ведущее устройство отслеживает состояние всех подчиненных и посылает диагностическое сообщение сразу, как только запасной интерфейс подчиненного выходит из строя, и его больше нечем заменить.

Резервное подчиненное устройство может функционировать на одной линии PROFIBUS, либо на двух линиях, если дополнительно используется резервирование линий. Для пользователя преимущества такого решения состоят в следующем:

- Для реализации разных структур резервирования требуются устройства только одной версии.
- Резервирование ведущих и подчиненных устройств и линий доступно независимо друг от друга.
- Не требуется дополнительной конфигурации для запасного подчиненного устройства, не нужны сложные инструменты.
- Возможен полный мониторинг обеих частей подчиненного устройства.
- Запасной подчиненный не влияет на загрузку шины и, соответственно, на время отклика.

Специальные прикладные профили

PROFIBUS отличается от остальных полевых систем, в первую очередь, чрезвычайно широким спектром прикладных опций. Концепция PROFIBUS установила новые стандарты. Он не только разработал профили, учитывающие ключевые пользовательские требования, основывающиеся на специфике промышленной отрасли, - он еще и успешно объединил все ключевые аспекты всех

приложений в стандартизированной и открытой полевой системе, таким образом, гарантируя полное сохранение осуществленных вложений.

В таблице 8 показаны все существующие специальные прикладные PROFIBUS профили, а так же, что находятся в разработке.

Обозначение	Содержание профиля	Текущее состояние руководства PNO
PROFIdrive	Профиль задает поведение устройств и процедуру доступа к данным электроприводов с регулируемой скоростью через PROFIBUS.	V2 3.072 V3 3.172
PA devices	Профиль задает характеристики устройств технологической разработки процесса (process engineering) в АСУТП с PROFIBUS.	V3.0 3.042
Robots/NC	Профиль описывает, как роботы-манипуляторы и роботы-сборщики управляются через PROFIBUS.	V1.0 3.052
Panel devices	Профиль описывает взаимодействие простых устройств человеко-машинного интерфейса с высокоуровневыми автоматизированными компонентами.	V1.0D 3.082
Encoders	Профиль описывает взаимодействие поворотных механизмов, линейных и угловых энкодеров с одно и многоповоротным разрешением.	V1.1 3.062
Fluid power	Профиль описывает управление гидравлическими приводами через PROFIBUS.	V1.5 3.112
SEMI	Профиль описывает характеристики устройств для производства полупроводников с PROFIBUS (SEMI standard).	3.152
Low-voltage switchgear	Профиль определяет обмен данными для низковольтного коммутационного оборудования (выключатели-разъединители, пускатели электродвигателей) через PROFIBUS DP.	3.122
Dosing/weighing	Профиль описывает реализацию взвешивающих и дозирующих систем с PROFIBUS DP.	3.162
Ident systems	Профиль описывает обмен данными между устройствами идентификации (считыватели штрих-кодов, транспондеры).	3.142
Liquid pumps	Профиль определяет реализацию жидкостных насосов с PROFIBUS DP.	3.172
Remote I/O for PA devices	Удаленные модули ввода/вывода занимают особое место в функционировании шины, поэтому к ним применяются другие модели устройств и типы данных, по сравнению с профилем PROFIBUS PA devices.	3.132

Таблица 8: Специальные прикладные профили PROFIBUS

5.1 PROFIdrive

Профиль PROFIdrive определяет поведение устройств и процедуру доступа к данным электрической приводной техники через PROFIBUS, начиная от простых преобразователей частот, заканчивая высокودинамичными сервоприводами.

Интеграция приводной техники в автоматизированные системы сильно зависит от задачи привода. Поэтому PROFIdrive определяет 6 прикладных классов, покрывающих большинство приложений.

Стандартные приводы (класс 1) - привод управляется посредством задания главной величины (например, скорость вращения)

Стандартные приводы с технологическими функциями (класс 2) - функции автоматизированного процесса переключаются с центрального программируемого контроллера на контроллер привода. PROFIBUS в этом случае в качестве технологического интерфейса. Для таких решений требуется возможность коммуникаций slave-to-slave между отдельными контроллерами приводов.

Позиционирующий привод (класс 3) - интегрирует в привод дополнительный позиционирующий контроллер, таким образом покрывая крайне широкий спектр приложений (например, накручивание и скручивание бутылочных крышек). Задачи позиционирования передаются контроллеру привода через PROFIBUS.

Центральное устройство управления перемещениями (классы 4 и 5) обеспечение координации последовательности перемещений нескольких приводов. PROFIBUS нужен, чтобы закрыть цикл контроля местоположения (передача местоположения - передача новых координат), а также для синхронизации (рис. 21). Концепция управления местоположением (Dynamic Servo Control) этого решения так же поддерживает очень изощренные приложения с линейными электродвигателями.

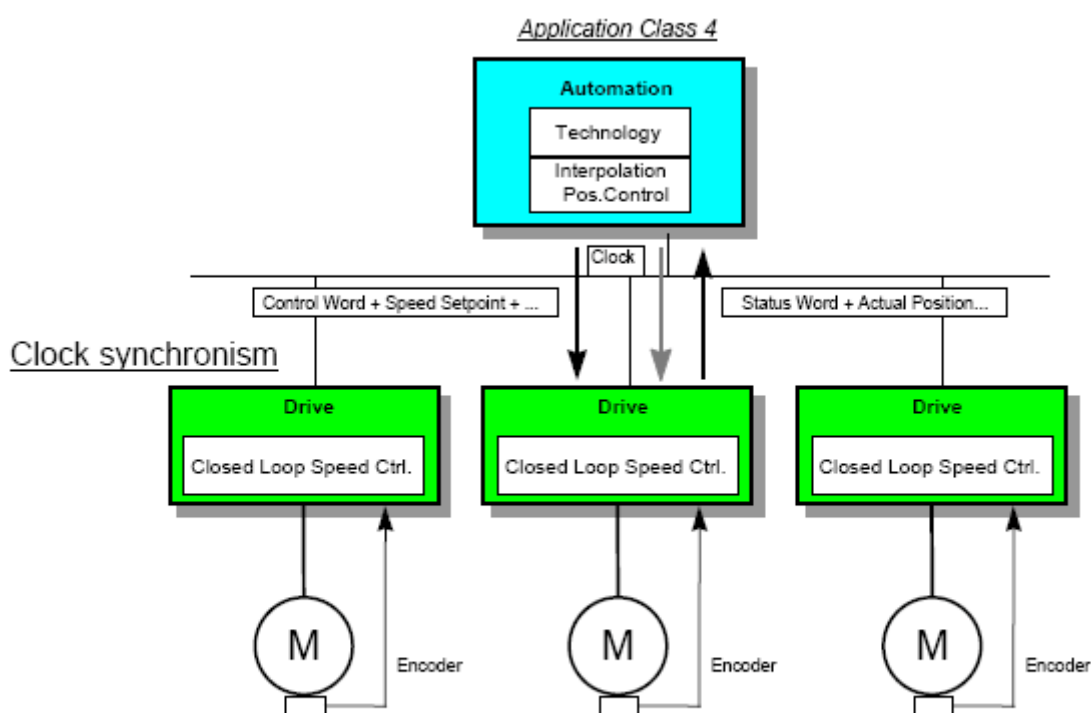


Рис. 21: PROFdrive, позиционирование с интерполяцией и контролем положения

Распределенная автоматизация средствами синхронизованных процессов и электронных валов (класс 6) может быть реализована с использованием изохронных подчиненных устройств и прямых коммуникаций между подчиненными устройствами. Образцами приложений могут служить «электрические шестерни» (electrical gears), и «угловые синхронные процессы».

PROFdrive определяет модель устройств как функциональные модули, которые действуют совместно и отражают логику системы приводов.

Эти модули представляют собой соответствующие объекты, описанные профилем и заданные относительно их функций. Полная функциональность описывается сочетанием параметров.

В отличие от остальных профилей для приводной техники, PROFIdrive определяет только механизмы доступа к параметрам и множество из примерно 30 профильных параметров, которое включает в себя буферы ошибок, контроллеры приводов, идентификацию устройств и т.д.

Все остальные параметры (количество которых может быть более 1000 в сложных устройствах) определяются производителем, что дает производителю приводной техники большую гибкость в реализации управляющих функций. Доступ к элементам параметров осуществляется по каналу параметров протокола DP-V1.

PROFIdrive V3 использует в качестве коммуникационного протокола версию DP-V2 с его инновационными slave-to-slave коммуникациями и изохронным режимом, см. главу 3.2.

Оба прикладных профиля доступны по Internet: "Profiles for variable speed drives", V2, Order-No.: 3.072; "PROFIdrive Profile Drive Technology", V3, Order-No.: 3.172.

Обозначение	Содержание профиля	Текущее состояние руководства PNO
PROFIdrive	Профиль задает поведение устройств и процедуру доступа к данным электроприводов с регулируемой скоростью через PROFIBUS.	V2 3.072 V3 3.172
PA devices	Профиль задает характеристики устройств технологической разработки процесса (process engineering) в АСУТП с PROFIBUS.	V3.0 3.042
Robots/NC	Профиль описывает, как роботы-манипуляторы и роботы-сборщики управляются через PROFIBUS.	V1.0 3.052
Panel devices	Профиль описывает взаимодействие простых устройств человеко-машинного интерфейса с высокоуровневыми автоматизированными компонентами.	V1.0D 3.082
Encoders	Профиль описывает взаимодействие поворотных механизмов, линейных и угловых энкодеров с одно и многоповоротным разрешением.	V1.1 3.062
Fluid power	Профиль описывает управление гидравлическими приводами через PROFIBUS.	V1.5 3.112
SEMI	Профиль описывает характеристики устройств для производства полупроводников с PROFIBUS (SEMI standard).	3.152
Low-voltage switchgear	Профиль определяет обмен данными для низковольтного коммутационного оборудования (выключатели-разъединители, пускатели электродвигателей) через PROFIBUS DP.	3.122
Dosing/weighing	Профиль описывает реализацию взвешивающих и дозирующих систем с PROFIBUS DP.	3.162
Ident systems	Профиль описывает обмен данными между устройствами идентификации (считыватели штрих-кодов, транспондеры).	3.142
Liquid pumps	Профиль определяет реализацию жидкостных насосов с PROFIBUS DP.	3.172
Remote I/O for PA devices	Удаленные модули ввода/вывода занимают особое место в функционировании шины, поэтому к ним применяются другие модели устройств и типы данных, по сравнению с профилем PROFIBUS PA devices.	3.132

Таблица 8: Специальные прикладные профили PROFIBUS

5.2 PA Devices

Современные обрабатывающие устройства, в сущности, являются интеллектуальными и могут исполнять часть обработки информации или даже брать на себя всю функциональность автоматизированной системы. Профиль PA Devices определяет все функции и параметры для разных классов устройств обработки, типичных для потока сигналов - от сигналов сенсоров до заданных технологических параметров, которые выданы управляющей системе вместе с состоянием измеренных величин. На рис. 25 показаны разные шаги информационной обработки и процесс формирования статуса.

Профиль PA devices задокументирован в части с общими требованиями, содержащей действительные на данный момент спецификации для всех типов устройств, и в перечне технических характеристик устройств, содержащем согласованные спецификации для определенных классов устройств. Профиль PA device доступен в версии 3.0 и содержит технические характеристики устройств по следующим параметрам:

- Давление и перепад давления
- Уровень, температура и скорость потока
- Аналоговые и цифровые входные и выходные сигналы
- Приводы и вентили
- Анализаторы

Блочная

модель

В технологической разработке процесса обычно используют блоки для описания характеристик и функций точки замера или точки манипулирования в определенной контрольной точке и для представления автоматизированных приложений в виде комбинации этих типов блоков. Спецификация PA devices использует эту модель функциональных блоков для представления функциональной последовательности, как показано на рис. 22.

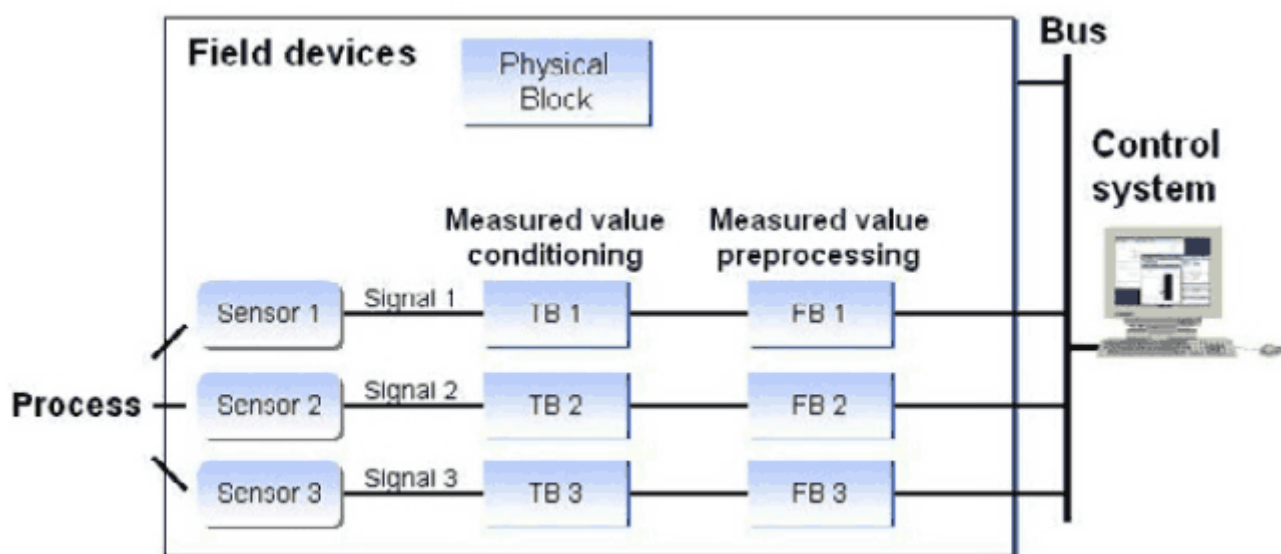


Рис. 22: Блочная структура полевого многофункционального устройства

Используются следующие три типа блоков:

Физический блок (Physical Block, PB)

PB содержит характерные для устройства данные, такие как имя устройства, производитель, версия и серийный номер и т.п. В каждом устройстве может присутствовать только один физический блок.

Блок преобразования (Transducer Block, TB)

TB содержит все данные, необходимые для обработки сигнала, пришедшего от сенсора для передачи в функциональный блок. Если обработка не требуется, TB можно опустить.

Многофункциональные устройства с двумя и более сенсорами имеют соответствующее число блоков преобразования.

Блок аналогового ввода (Analog Input Block, AI)

AI доставляет данные замера от сенсора или преобразования в управляющую систему.

Блок аналогового вывода (Analog Output Block, AO)

Цифровой ввод (Digital Input, DI)
DI доставляет управляющей цифровые данные устройства.

Цифровой вывод (Digital Output, DO)
DO предоставляет устройству значения, заданные управляющей системой.

Блоки реализуются производителем как программное обеспечение полевого устройства и в совокупности представляют функциональность устройства. Как правило, в приложении работают вместе несколько блоков, см. рис. 22, на котором изображена упрощенная блочная структура многофункционального устройства.

Конфигурация соответствует разделению цепочки сигналов на два subprocessa:

Функциональность первого subprocessa «измерение/движение» (рис. 25 - калибровка, линейаризация, масштабирование) заключена в **блоках преобразования**, функциональность второго «предварительная обработка данных замера/постобработка параметров настройки» (рис. 21 - фильтр, контроль предельных значений, безопасное поведение, выбор режима функционирования) заключен в **функциональных блоках**.

Спецификации профиля PA Devices

Продемонстрировать здесь выбор спецификаций возможно только вкратце. За более подробными деталями обращайтесь к спецификации или соответствующей литературе, например "PROFIBUS PA" (Ch. Diedrich/ Th. Bangemann, Oldenbourg-Industrie-verlag).

Параметр	Описание параметра
LEVEL_HI	Пределы измеряемого уровня наполнения
LEVEL_LO	
CAL_POINT_HI	Секция диапазона измерений сенсора, на которую проецируется диапазон уровня.
CAL_POINT_LO	

Таблица 9: Параметры функции калибровки

Иллюстрирование цепочки сигналов
Профиль PA Devices задает функции и параметры, связанные с каждым шагом цепочки сигналов, как показано на рис. 25. В качестве примера, рис. 23 и таблица 9 дают детали шага «калибровка», а рис. 24 показывает шаг «проверка предельных значений».

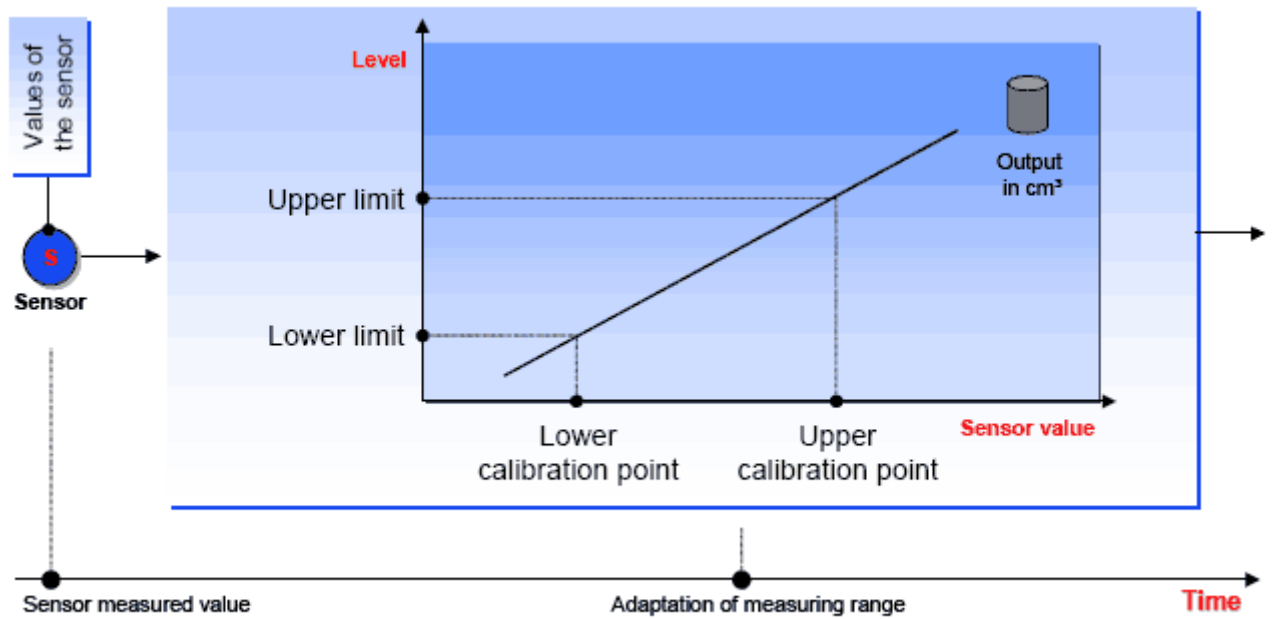


Рис. 23: Спецификация функции калибровки

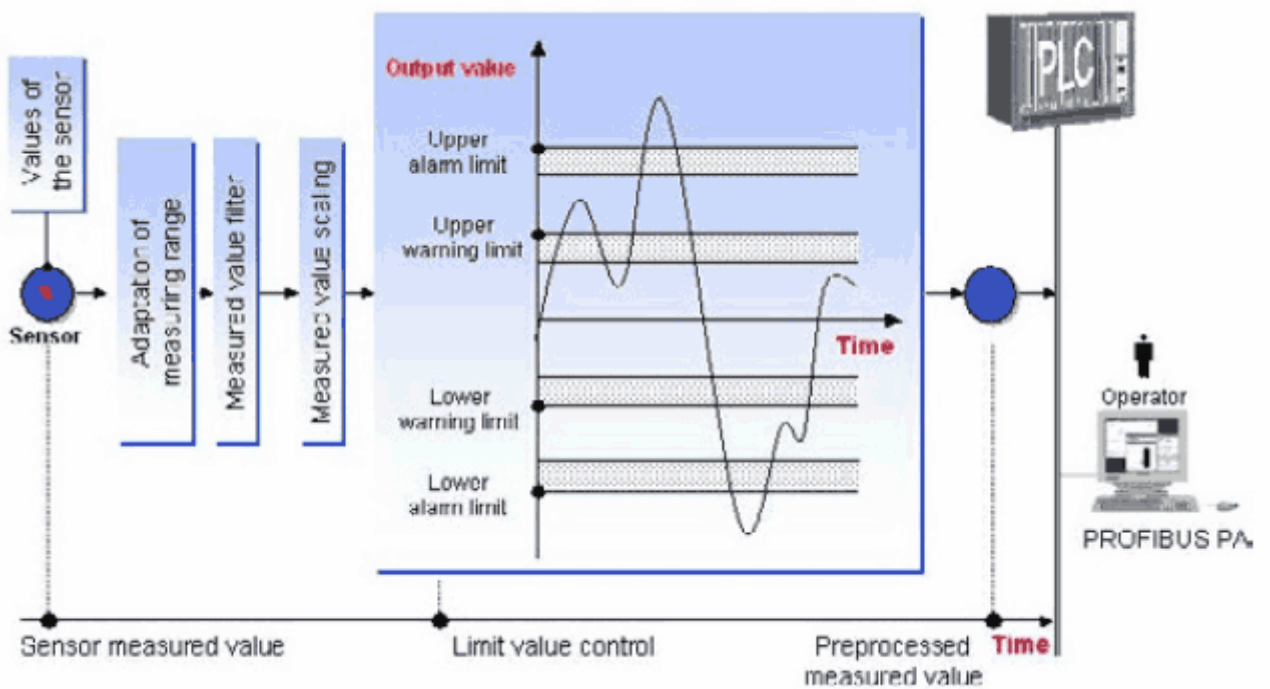


Рис. 24: Спецификация функции проверки предельных значений

Адресация

Блок определяется посредством его начального адреса, а параметр - связанным с ним индексом внутри блока; как правило, производитель может свободно их выбирать. Для доступа к параметру (например, с использованием инструментальных средств оператора (operator tool)) структура специфического для устройства блока хранится в каталоге (directory) устройства.

параметров

Наборы

Для полевого устройства в серийном производстве (batch process), профиль позволяет хранить несколько наборов параметров у е во время стадии

параметров

пусконаладочных работ. Текущий процесс серийного производства (batch process) затем переключается на заданный набор параметров во время функционирования системы.

Модульные устройства

PROFIBUS проводит различие между составным и модульным устройством, в соответствии с чем функциональный блок это «модуль». Профиль PA Device предлагает выбор функциональных блоков. Устройства с сконфигурированной модульностью называются устройствами с переменными параметрами.

Устройства с несколькими переменными процессами
 Все больше устройств обработки предлагают по несколько переменных процесса, например, используя несколько сенсоров или в форме производных переменных. Это учтено в блоке преобразований профиля путем различия между первичной переменной (Primary Value, PV) и вторичной (Secondary Value, SV).

Проверка предельных значений
 Частью обработки информации, перенесенной на устройство, является проверка предельных значений, в связи с чем PA Devices предлагает соответствующий механизм сигнализации, в случаях если пределы значений сигналов или предупредительные установки превышены или, наоборот, занижены (см. рис. 24).

Состояние значений
 К данным замеров добавляется состояние, статус значений, передающий информацию о качестве замеренных величин. Есть три уровня качества: bad, uncertain и good, с каждым уровнем связана дополнительная информация, поставляемая в субстатусе.

Противоаварийная защита
 Профиль PA Device так же предоставляет безопасные характеристики. Если в измерительной цепи происходит отказ, выходы устройства задаются определяемым пользователем значением. Пользователь может выбрать из трех разных типов безопасного поведения. Пожалуйста, обратитесь к соответствующей документации, Руководству PROFIBUS "Profile for Process Control Devices", Order No. 3.042.

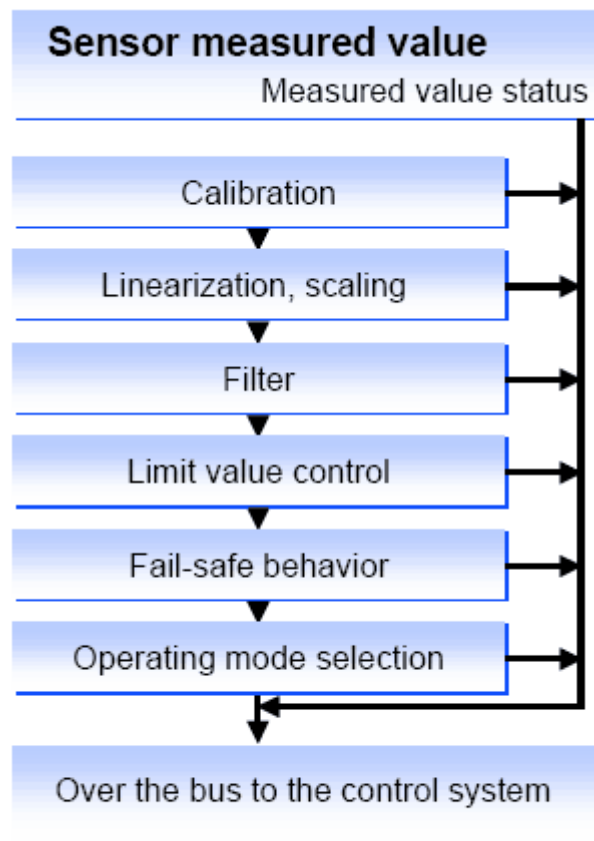


Рис. 25: Цепочка сигналов в профиле PA device

5.3 Fluid Power

Этот профиль описывает форматы данных и параметры для пропорциональных клапанов, гидростатических насосов и приводов и основывается на определениях PROFIdrive. Для доставки параметров на устройство используется либо канал параметров протокола DP-V0, либо ациклические коммуникации по протоколу DP-V1. Пожалуйста, обратитесь к соответствующей документации, Руководству PROFIBUS "Profile Fluid Power Technology", Order No. 3.112.

5.4 SEMI Devices

Некоторые типы устройств, используемых в автоматизации процессов, так же применяются и в производстве полупроводников, это, к примеру, вакуумные насосы или расходомеры.

Организация «Semiconductor Equipment and Materials International») уже создала специфический для своей отрасли стандарт (SECS, Semiconductor Equipment Communication Standard, Стандарт коммуникаций полупроводникового оборудования), с которым совместим прикладной профиль PROFIBUS SEMI.

SEMI состоит из 4 частей (Общие определения, Контроллеры массового расхода, Измерители вакуумметрического давления и Вакуумные насосы).

5.5 Ident Systems

Ident systems это профиль для считывателей штрих-кодов и систем преобразования (transponder systems), направленных на обширное применение функциональности протокола DP-V1. В то время как канал циклической передачи данных используется для маленьких объемов данных (статусная или управляющая информация), ациклический канал служит для передачи больших объемов данных, получаемых от считывателей штрих-кодов и АЦП. Определение стандартных функциональных блоков облегчило использование таких систем.

5.6 Remote I/O for PA

Удаленные устройства ввода/вывода из-за их мелкозернистой модульной структуры трудно встроить в линию с «идеальной» моделью PA Device. Поэтому в области автоматизации распределенных процессов они занимают особое место. Более того, на выбор конфигурации устройства (модулей, блоков), ресурсов (памяти, записей) и функций (например, ациклического доступа) очень сильно влияет экономическая чувствительность. И по этой причине была разработана упрощенная модель устройств, а количественная структура ограничена. Главная цель -предложить максимальную поддержку на базе форматов данных циклического обмена.

Системные профили

Профили в технологии автоматизации определяют специфические характеристики и поведение устройств и систем так, что они становятся уникально определенными (в пределах класса или семейства) и вендор-независимыми, таким образом поддерживая интероперабельность и взаимозаменяемость устройств на шине.

Мастер профили для PROFIBUS описывают классы контроллеров, каждый из которых поддерживает определенное «подмножество» всей возможной функциональности, а именно:

- Циклические коммуникации
- Ациклические коммуникации
- Диагностика, обработка сигналов тревоги
- Синхронизация
- Коммуникации slave-to-slave, изохронный режим
- Безопасность

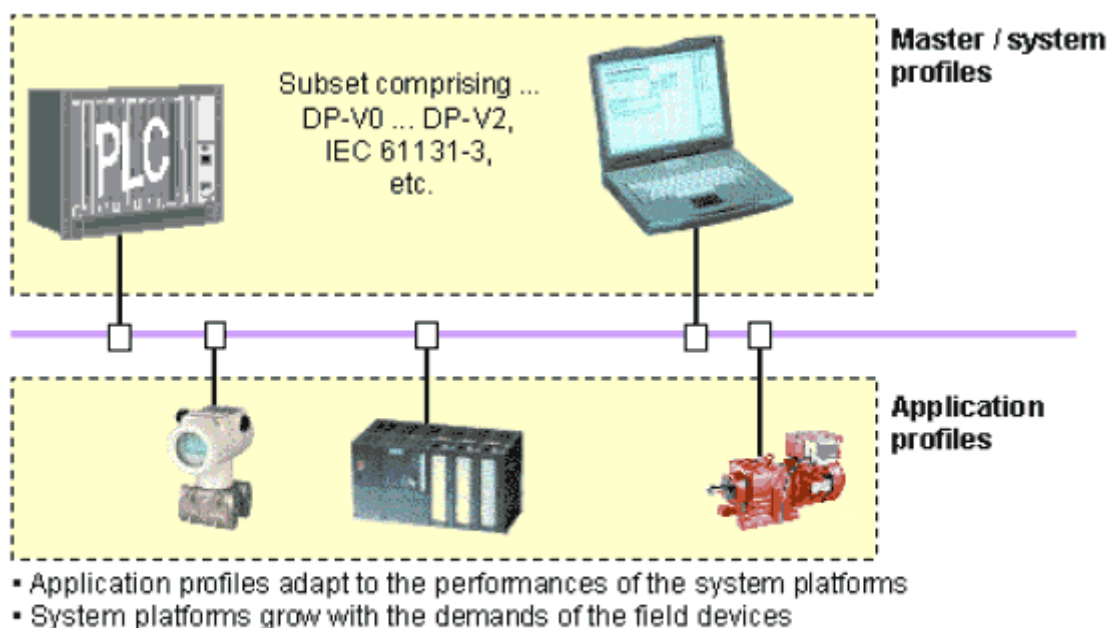


Рис. 27: Системные и прикладные профили (в корреляции)

Системные профили для PROFIBUS это дальнейший шаг, описание классов систем, включая возможную функциональность *Стандартного программного интерфейса* (FB в соответствии с IEC 61131-3, уровень безопасности и FDT) и *опции интеграции* (GSD, EDD и DTM). Рис. 26 показывает доступные на сегодняшний день стандартные платформы.

В системе PROFIBUS системные и мастер профили предоставляют прикладным профилям весьма необходимое дополнение (рис. 27):

- Системные и мастер профили описывают специфические параметры систем, которые сделаны доступными для полевых устройств,
- Прикладным профилям требуются специфические параметры систем, чтобы упростить их определенные характеристики.

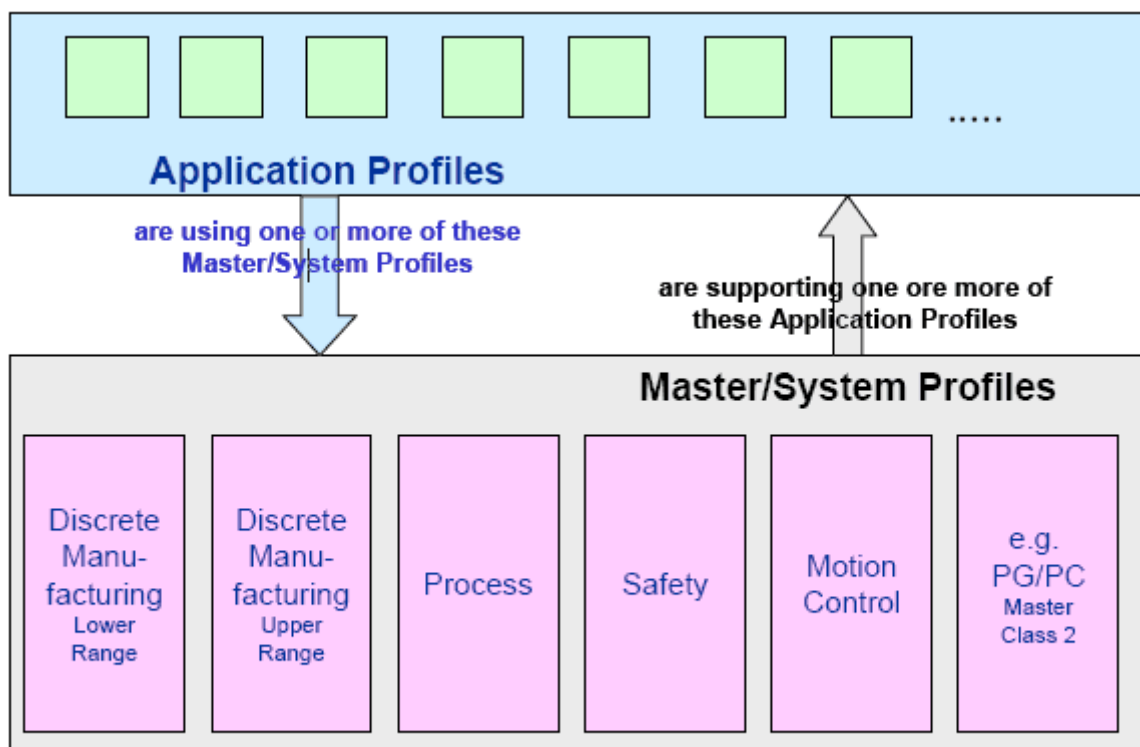


Рис. 26: Ведущие/системные профили для PROFIBUS

Используя эти профили, *производитель устройств* может сосредоточиться на существующих или заданных системных профилях, а *производитель систем* может поставлять платформы, требуемые существующими или заданными прикладными профилями устройств.

PROFIBUS реализовал множество системных профилей, основанных на опробованных и протестированных в работе приложениях (см. рис. 26). Они должны быть зафиксированы в спецификациях в ближайшем будущем и в дальнейшем расширены профилями с учетом будущих требований.

Стандартизированные функциональные блоки (коммуникационные функциональные блоки)

Чтобы реализовать независимые от производителя системные профили, необходимо определить, дополнительно к уже существующим коммуникационным платформам, Прикладной Программный Интерфейс (API, рис. 27), используя стандартизированные функциональные блоки.

В то время как прикладные программы имеют доступ к данным циклических коммуникаций (канал MS0) через образ процесса управляющей системы, в прошлом не было системно-независимого программного интерфейса для ациклических данных. В виду существования целого ряда производителей и устройств, необходимо установить стандарты в этой области, чтобы сделать возможной интеграцию разных полевых устройств в прикладные программы разных управляющих систем без специфических коммуникационных знаний. В этих целях, PNO специфицировала руководство «Communication and Proxy Function Blocks according to IEC 61131-3». Это руководство задает функциональные блоки в «комбинациях стандартов», основанных на широко используемом стандарте IEC

61131-3 (языки программирования) и использующих определенные для PROFIBUS коммуникационные сервисы из IEC 61158.

Руководство задает коммуникационные блоки для ведущих устройств классов 1 и 2, а так е подчиненных устройств и несколько вспомогательных функций.

Технологические функциональные возможности полевого устройства адресуются при компактной идентификации, равным образом используемой всеми блоками. Все блоки имеют общий принцип отображения ошибок с кодированием, соответствующим IEC 61158-6.

Производители PLC соответствующих системных классов и профилей предлагают эти стандартные коммуникационные блоки («Comm-FBs») в специфических для PLC «библиотеках IEC». Производители полевых устройств, в свою очередь, создают унифицированные блоки с функцией представления (проху), которые могут использоваться всеми системами управления.

Интерфейс прикладного программирования (API)

Чтобы максимально упростить для прикладных программистов использование коммуникационных сервисов, блоки или вызовы функций доступны в библиотеках стандартных языков программирования. Вместе с интерфейсом FDT, PROFIBUS «Comm-FBs» расширяют интерфейс прикладного программирования, как показано на рис. 28.

Функциональный Проху блок

Функциональный проху блок представляет технологическую функцию устройства, предоставляя все необходимые входные и выходные параметры в интерфейсе блока. Такие проху блоки обычно едино ды создаются производителем полевых устройств и могут вводиться в действие в управляющих системах соответствующего класса или профиля без какого-либо специального регулирования.

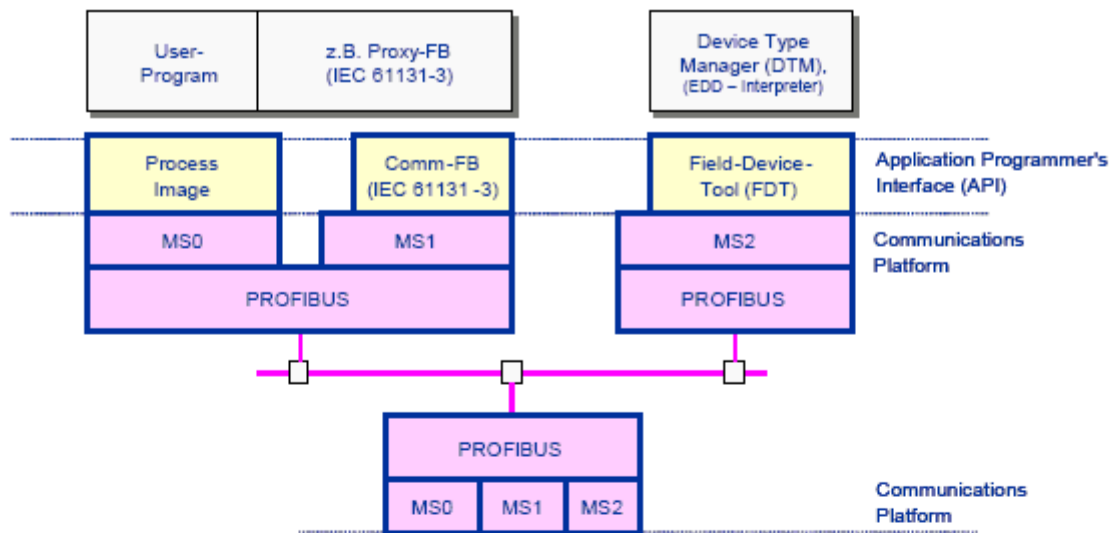


Рис. 28: Интерфейс прикладного программирования, API

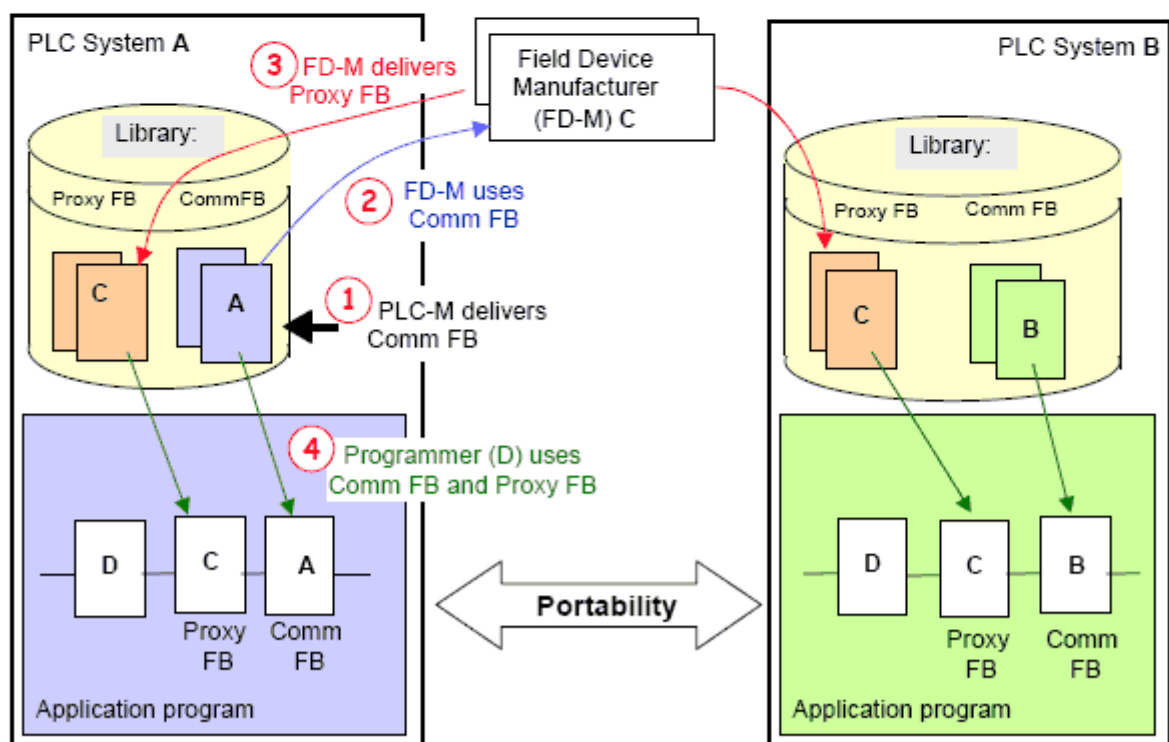


Рис. 29: Портруемый функциональный блок

Менеджмент устройств

Современные полевые устройства предоставляют много информации и выполняют те функции, которые раньше исполнялись программируемыми логическими контроллерами и управляющими системами. Для исполнения этих функций инструментальным средствам введения в эксплуатацию, сопровождения и тех. обслуживания, проектирования и параметризации этих устройств требуется точное

и полное описание данных и функций устройства, а именно: тип прикладной функции, конфигурационные параметры, диапазоны значений, единицы измерения, значения по умолчанию, предельные значения, идентификация и т.д. То же относится и к контроллерам и управляющим системам, чьи специфические для устройств параметры и форматы данных должны быть известны (интегрированы) для обеспечения безошибочного обмена данными с полевыми устройствами.

PROFIBUS разработал множество методов и инструментальных средств («технологии интеграции») для этого типа описания устройств, что позволяет провести стандартизацию менеджмента устройств. Значения производительности этих инструментов оптимизируются под конкретные задания, что привело к появлению термина *масштабируемой интеграции устройств*. Поэтому спецификация инструмента содержит три значения - GSD, FDT, EDD.

В автоматизации предприятий исторически сложилось предпочтение к использованию GSD, но так же все больше используется и FDT. В автоматизации процессов, в зависимости от требований, используются EDD и FDT (см. рис. 30).

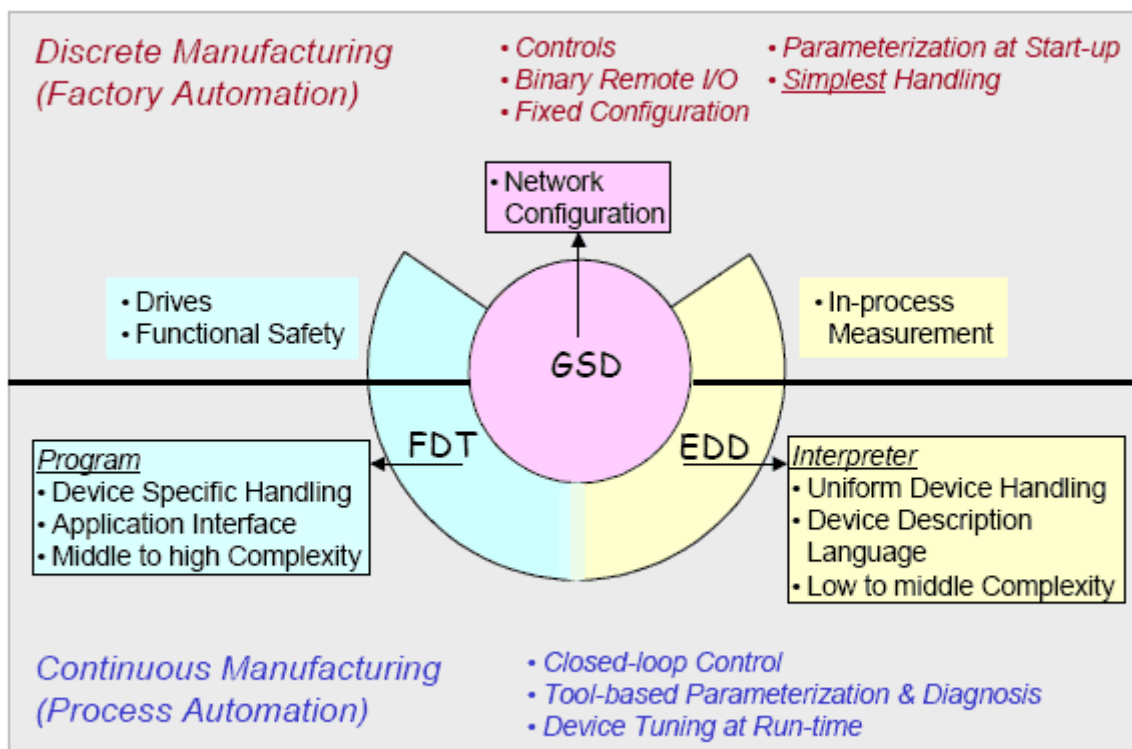


Рис. 30: Технологии интеграции в PROFIBUS

Методы описания устройств:

Коммуникационные свойства устройства PROFIBUS описываются в списке коммуникационных свойств (**GSD**) заданным форматом данных; GSD очень подходит для простых приложений. Он создается производителем устройств и включается в поставку устройства.

Прикладные свойства устройства PROFIBUS (характеристики устройства) описываются посредством электронных устройств (**Electronic Device Description Language, EDDL**). Файл EDD, созданный таким

образом, так и поставляется производителем устройств. Требуемое интерпретатора EDD хорошо показало себя в приложениях средней сложности.

Для **сложных приложений** существует решение для отображения специфических функций устройства, включая пользовательский интерфейс параметризации, диагностики и т.д., на программный компонент в Менеджере типов устройств (**Device Type Manager, DTM**). DTM выступает в качестве «драйвера» устройства, в отличие от стандартного интерфейса FDT, который реализуется в инструментальном средстве проектирования или управляющей системе.

7.1 GSD

GSD это читаемый текстовый файл ASCII, содержит как общие, так и характерные для устройства спецификации по обмену данными. Каждая запись описывает свойство, поддерживаемое устройством. Используя ключевые слова, инструментальное средство конфигурации считывает из GSD идентификацию устройства, легируемые параметры, соответствующие типы данных и разрешенные в конфигурации предельные значения. Некоторые ключевые слова являются обязательными, например Vendor_Name, другие - опциональными, например, Sync_Mode_supported. GSD заменяет ранее общепринятые руководства и поддерживает автоматическую проверку ошибок ввода и непротиворечивость данных, даже в течение фазы конфигурирования.

Структура GSD

GSD разделен на три секции:

Общие

спецификации

Эта секция содержит информацию о наименовании производителя и устройства, версии аппаратного и программного обеспечения, а так же поддерживаемые скорости передачи данных, возможные временные интервалы для мониторинга и назначение сигналов на коннекторе шины.

Спецификации

ведущего

Эта секция содержит спецификации, имеющие отношение к ведущему устройству, такие как максимальное количество подключаемых подчиненных или опции загрузки и выгрузки. Эта секция недоступна для подчиненных устройств.

Спецификации

подчиненного

Эта секция содержит всю информацию, характерную для подчиненных устройств, такую как количество и тип каналов ввода/вывода, спецификации диагностического текста и информацию по доступным модулям, в случае модульной структуры устройства.

Так же возможно встраивать файлы растровых изображений с символами устройства. Формат GSD разработан для максимальной гибкости. Он содержит параметры, такие как скорости передачи данных, поддерживаемые устройством, а также возможность описания модулей, доступных в модульном устройстве. Простой текст, без форматирования, можно назначить в качестве диагностического сообщения.

Есть два способа использовать GSD:

- GSD для компактных устройств, чья конфигурация уже известна. Такой GSD может быть полностью создан производителем устройства.
- GSD для модульных устройств, чья конфигурация еще не полностью специфицирована. В этом случае, пользователь обязан воспользоваться инструментальными средствами конфигурации, чтобы конфигурировать GSD в соответствии с действительной модульной конфигурацией.

Загружая GSD в средство конфигурации (PROFIBUS конфигуратор), пользователь может оптимально воспользоваться коммуникационными свойствами устройства.

Сертификация **GSD**
 Производители устройств ответственны за охват и качество GSD для их устройств. Для сертификации устройства обязательным является представление GSD профиля (содержащего информацию из профиля или семейства устройств) или GSD отдельного устройства.

Поддержка **PNO**
 Чтобы поддержать производителей устройств, на Web сайте PROFIBUS имеется доступная для загрузки специальная программа для редактирования и проверки GSD, что облегчает создание и проверку GSD файлов.

Спецификация форматов GSD файла описана в руководстве PROFIBUS GSD, order No. 2.122.

Новые коммуникационные функции
 Новые коммуникационные функции PROFIBUS постоянно встраиваются в GSD организацией PNO. Таким образом, ключевые слова для DP-V1 можно обнаружить в GSD Revision 3, а для DP-V2 - в GSD Revision 4.

Идентификатор производителя
 Каждое подчиненное устройство PROFIBUS и каждое ведущее класса 1 обязано иметь идентификатор (ID number). Это нужно, чтобы ведущее устройство могло идентифицировать типы подключенных устройств без накладных издержек по расширению протокола. Ведущий сравнивает идентификатор подключенного устройства с идентификаторами, заданными конфигурационным инструментом в конфигурационных данных. Передача пользовательских данных не осуществляется до тех пор, пока к шине не будут подключены устройства корректного типа с корректными адресами станций. Это обеспечивает оптимальную защиту от ошибок конфигурации.

Производитель устройств должен подавать заявку на получение идентификатора для каждого типа устройств в PROFIBUS User Organization, которая так же занимается администрированием идентификаторов. Формы заявлений можно получить в любом региональном агентстве или на Web сайте PROFIBUS.

Идентификатор профиля
 Для полевых устройств автоматизации процессов и приводов зарезервированы специальные диапазоны идентификаторов, соответственно 9700h - 97FFh и 3A00h - 3AFFh. Все полевые устройства, точно соответствующие спецификациям профиля PROFIBUS PA Devices версии 3.0 и выше или PROFIdrive версии 3, могут использовать идентификаторы этих диапазонов. Выбор идентификатора для соответствующего устройства зависит от многих факторов, например, в случае PA

Devices от типа и количества функциональных блоков. Идентификатор 9760H зарезервирован для полевых устройств АСУТП, предоставляющих несколько разных функциональных блоков (устройства с переменными параметрами). К именованию GSD файлов таких полевых устройств АСУТП так же применяются специальные соглашения, подробно описанные в профиле PA Devices.

Первый идентификатор профиля, зарезервированный для PROFIdrive (3A00h), используется во время установления соединения DP-V1 для проверки того, что ведущий и подчиненный используют один и тот же профиль. Подчиненные устройства, признающие этот идентификатор, поддерживают параметрический канал DP-V1, описанный в профиле PROFIdrive. Все следующие идентификаторы профилей слу ат для опознавания вендор-независимых GSD файлов. Это обеспечивает взаимозаменяемость устройств от разных производителей без необходимости переконфигурирования шины. Например, режим VIK-NAMUR с вендор-независимым PROFIdrive GSD определен как компонент профиля PROFIdrive для химической промышленности.

7.2 EDD

GSD неадекватен для описания прикладных параметров и функций полевого устройства (например, конфигурационные параметры, диапазоны значений, единицы измерений, значения по умолчанию и т.д.). Они требуют более мощного языка описания, который и был разработан в форме универсально Языка описания электронных устройств (**E**lectronic **D**evice **D**escription **L**anguage, **EDDL**). Прежде всего, EDDL предоставляет языковые средства для описания функциональности полевого устройства. Кроме того, он включает в себя механизмы

- интегрирования существующих описаний профилей в описание устройства,
- ссылки на существующие объекты, так что только нововведенные объекты требуют описания,
- доступа к стандартным словарям,
- привязки описания устройства к самому устройству.

Используя EDDL, производитель устройств может создавать **EDD файлы** для своих устройств, которые, как и GSD файлы, предоставляют информацию об устройстве инструментальным средствам разработки и затем управляющей системе.

Применение

EDD

EDD является очень многосторонним источником информации для:

- Проектирования
- Пуско-наладочных работ
- Времени функционирования системы
- Управления активами (Asset Management)
- Документации и электронной коммерции (eCommerce)

Преимущества

EDD

EDD дает значительные преимущества и пользователям, и производителям устройств.

Однородный пользовательский и операторский интерфейс (operation interface) оказывает поддержку пользователям в следующем:

- снижение расходов на обучение,
- надежное функционирование,
- единственное инструментальное средство для всех приложений,
- проверка входных данных.

Поддержка *производителей устройств* заключается в том, что разработка EDD очень проста и экономически выгодна.

- Не требует специфических знаний, осуществляется разработчиком устройств.
- На основе существующих EDD файлов и текстовых библиотек.
- Одинаково подходит для простых и сложных устройств.

EDD так же обеспечивает защиту инвестиций *как пользователей, так и производителей*, поскольку EDD не зависит от операционной системы и легко расширяем.

Новые

разработки

Как и GSD, EDDL будет обновляться, чтобы идти в ногу с непрерывным развитием устройств. На данный момент в разработке находятся спецификации для динамической семантики и для описания аппаратного обеспечения модульных подчиненных.

Спецификация EDDL это неотъемлемый компонент международного стандарта IEC 61804. Она включена в руководство PROFIBUS 2.152.

7.3 Концепция FDT/DTM

Существующие описательные языки для конфигурирования и параметрирования имеют свои ограничения. Это становится ясным, когда, к примеру:

- необходимо сделать сложные, нестандартные характеристики программируемого полевого устройства, включая диагностические возможности, пригодными к использованию диспетчером технологического процесса, или
- должны поддерживаться функции превентивного тех. обслуживания или процедур тех. обслуживания, или
- действия устройств должны быть инкапсулированы в ПО (технологии противоаварийной защиты, калибровка и т. п.).

Такого рода задачи требуют «вспомогательных инструментов», позволяющих производителям устройств предоставить пользователям расширенные и очень специфические характеристики полевых устройств в стандартизированной форме, и которые, в то же время, позволят производителям автоматизированных систем интегрировать характеристики этих полевых устройств в управляющие системы через стандартные интерфейсы.

Решением для них является концепция интерфейса, независимого от полевой шины, **FDT/DTM** (см. рис. 31), которая была разработана и сделана общедоступной

рабочей группой PNO и ZVEI (Центральной Ассоциации Электрической Промышленности).

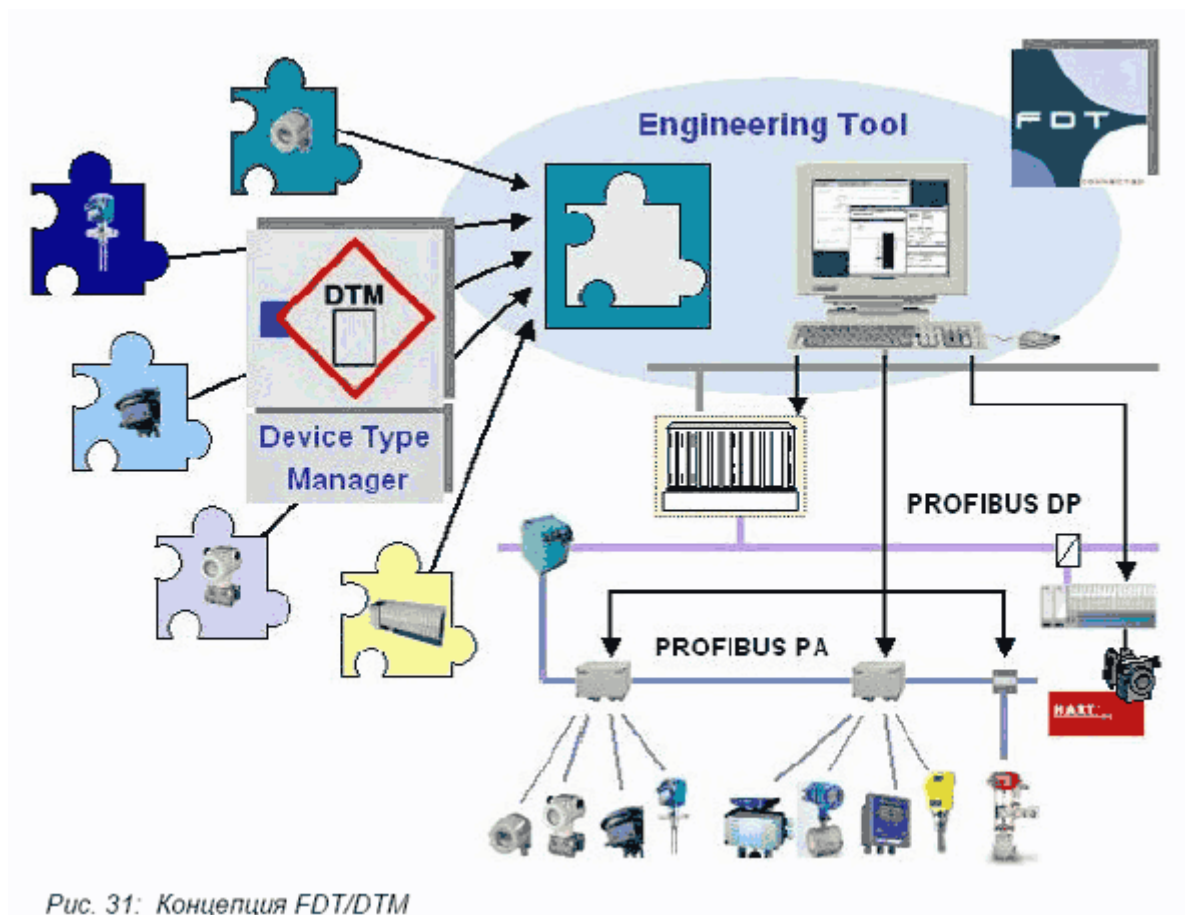


Рис. 31: Концепция FDT/DTM

Интерфейс

FDT

Определение универсального интерфейса дает возможность интеграции созданных программных компонентов во все инженерные или другие платформы автоматизированных систем, укомплектованных этим интерфейсом. Такой интерфейс был специфицирован и назван **FDT** (Field Device Tool - инструмент полевого устройства).

Спецификация **FDT** на данный момент доступна в версии 1.2 и содержится в руководстве PROFIBUS 2.162.

Описание устройства как программный компонент

Специфические функции и диалоги полевого устройства для параметризации, конфигурации, диагностики и тех. обслуживания, вместе с пользовательским интерфейсом, отображаются на программный компонент. Этот компонент называется **DTM** (**D**evice **T**ype **M**anager - менеджер типа устройств) и встраивается в инструментальные средства проектирования или управляющую систему через интерфейс FDT.

Для обмена данными сквозь иерархические уровни DTM пользуется функцией маршрутизации системы разработки. Более того, он пользуется ее управлением данными проектов с контролем версий. Он работает как «драйвер», аналогично драйверу принтера, к примеру, который поставщик принтера включает в комплект

поставки и который должен быть установлен на ПК пользователя. DTM создается производителем устройства и включается в комплект поставки.

Создание

DTM

Существуют различные варианты создания DTM:

- Специальное программирование на высокоуровневом языке.
- Повторное использование существующих компонентов или инструментальных средств посредством инкапсулирования как DTM.
- Генерация на основе существующего описания устройства с использованием компилятора или интерпретатора.
- Использование набора инструментов DTM в MS VisualBasic.

С использованием DTM можно с центральной рабочей станции получить прямой доступ к полемому устройству для проведения планирования, диагностики и тех. обслуживания. DTM это не автономный инструмент, а компонент ActiveX с заданными интерфейсами.

Преимущества

пользователя

FDT/DTM

Концепция FDT/DTM не зависима от используемых протоколов и, с ее отображением функций устройства на программный компонент, открывает новые интересные пользовательские возможности.

Концепция объединяет возможности интеграции, где они наиболее полезны - в области проектирования, диагностики, сервиса и управления активами -свободно от специфических коммуникационных технологий различных полевых шин и специфических проектировочных сред автоматизированных систем.

Стандарт FDT дает основу для интегрированных решений, начиная с полевого уровня, заканчивая инструментами и методами корпоративного менеджмента.

Гарантии качества

Чтобы PROFIBUS устройства разных типов и от разных производителей корректно выполняли свои задания в процессе автоматизации, необходимо гарантировать безошибочный обмен информацией через шину. Для этого от производителя устройств требуется совместимая со стандартом имплементация коммуникационного протокола и прикладных профилей.

Чтобы гарантировать исполнение этого требования, PNO установила процедуру подтверждения качества, в которой на основании отчетов тестирования устройствам, успешно прошедшим тестирование, выдаются сертификаты.

Целью сертификации является обеспечение пользователей необходимым уровнем безопасности для безошибочного функционирования устройств от разных производителей во время выполнения совместных действий. Чтобы этого достичь, устройство проходит строгое практическое тестирование в независимой тестирующей лаборатории. Это позволяет заблаговременно выявить неправильную интерпретацию стандарта разработчиками, таким образом, позволяя производителю предпринять меры для исправления недочетов до того, как устройство будет введено в действие на местах. Проверка интероперабельности устройства с другим сертифицированным устройством так

же является частью тестирования. По успешном завершении тестирования, производитель устройства может подать заявку на получение сертификата.

Основой процедуры *сертификации* является стандарт EN 45000. PROFIBUS User Organization утвердила независимые от производителей тестирующие лаборатории в соответствии со спецификациями этого стандарта. Только эти тестирующие лаборатории имеют право проводить тестирование устройств, что и составляет основу для сертификации.

Процедура тестирования и порядок сертификации описаны в руководствах No. 2.032 (DP slaves), No. 2.062 (PA field devices) и No. 2.072 (DP master).

8.1 Процедура тестирования

Обязательным условием для проведения тестирования является наличие для устройства идентификатора и GSD файла, а так же EDD при необходимости. Процедура тестирования, одинаковая во всех лабораториях, состоит из нескольких частей:

Проверка GSD/EDD гарантирует, что файлы описания устройства согласуются со стандартом.

Аппаратный тест проверяет электрические характеристики интерфейса PROFIBUS этого устройства на соответствие спецификациям. Он включает в себя проверку номинала терминальных резисторов, правильность реализации драйверов и других модулей, а также уровни на линии.

Функциональный тест проверяет доступ к шине, протокол передачи и функциональность тестируемого устройства. Для параметризации и настройки системы используется GSD. Тестирование проходит по схеме «черного ящика», что означает отсутствие необходимости в каких-либо знаниях о внутренней структуре реализации устройства. Монитор шины записывает все реакции, произведенные тестируемым экземпляром, а так же скорость этих реакций. При необходимости, наблюдаются и записываются и выходы тестируемого устройства.

Тест соответствия формирует главную часть тестирования. Цель - проверить соответствие реализации протокола стандарту. По сути, тест работает с:

Конечным автоматом: протокол PROFIBUS определен в форме конечного автомата. Проверяются все переходы состояний. Целевое поведение сводится к программируемым последовательностям.

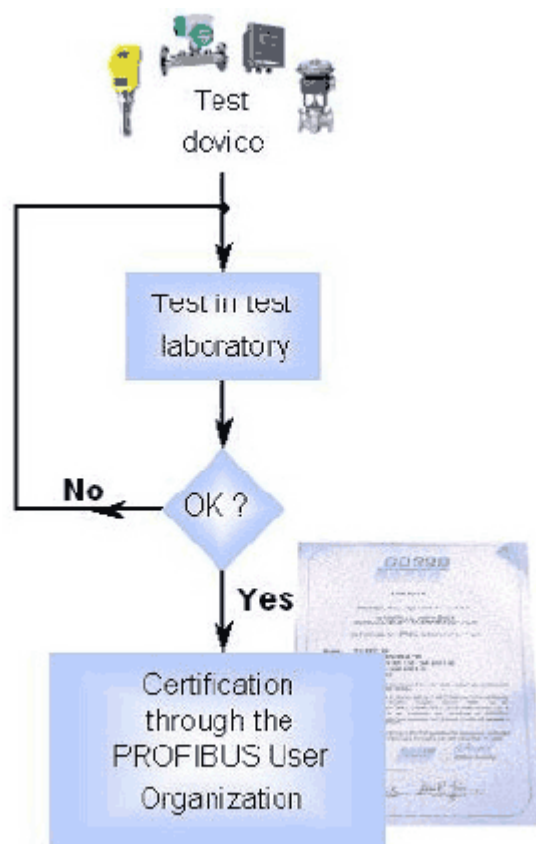


Рис. 32: Процедура сертификации устройства

Действительное поведение

анализируется, сравнивается с целевым, результат записывается в файл протокола.

Поведением в случае отказа: эмулируется отказ шины, например, разрыв, короткое замыкание на линии шины и отключение питания.

Адресацией: тестируемому устройству назначаются три разных произвольных адреса из диапазона адресов, тестируется безошибочность функционирования.

Диагностическими данными: диагностические данные обязаны соответствовать записи в GSD и стандарту. Это требует внешней активации диагностики.

Совместными операциями: проверяется корректность функционирования комбинации подчиненных устройств с FMS и DP master.

Тестом интероперабельности: проверяемое устройство тестируется на интероперабельность с устройствами PROFIBUS других производителей в промышленном объекте, так же составленном разными производителями. Проверяется, что функциональность промышленного объекта сохраняется после добавления тестируемого устройства. Так же тестируются операции с разными ведущими.

Каждый шаг тестирования тщательно документируется. Записи тестирования доступны производителю и PROFIBUS User Organization. Отчет по тестированию служит основанием для выдачи сертификата.

8.2 Сертификат соответствия

Как только устройство успешно пройдет все тесты, производитель может подать на получение сертификата от PROFIBUS User Organization. Каждое сертифицированное устройство содержит сертификационный номер. Сертификат действителен в течение 3 лет, но может быть продлен после прохождения дальнейшего тестирования.

Адреса тестирующих лабораторий можно найти на сайте PROFIBUS.

Реализация

Эта глава содержит инструкции по реализации коммуникационного протокола и интерфейсов в полевом устройстве.

Для разработки устройства или реализации протокола PROFIBUS доступен широкий спектр стандартных компонентов и инструментов разработки (PROFIBUS ASIC, стеки PROFIBUS, мониторинговый и пусковой инструментарий), а так же сервисы, которые позволяют производителю устройств осуществить экономически эффективную разработку. Соответствующий обзор доступен в каталоге продуктов PROFIBUS User Organization.

Во время реализации PROFIBUS интерфейса, обратите внимание, что сертификация относится к готовому устройству. Стандартные компоненты не подлежат сертификации, поскольку это не гарантирует ничего относительно конечного продукта. Тем не менее, качество стандартных компонентов так же играет важную роль в успешной сертификации устройства.

9.1 Стандартные компоненты

Модуль

интерфейса

Использование полного PROFIBUS интерфейса идеально для малого или среднего количества устройств. Эти модули размером с кредитную карту полностью реализуют протокол шины. Они устанавливаются на системную плату устройства в качестве дополнительного модуля.

Чип

протокола

В случае большого количества устройств, рекомендуется реализовывать основу коммерчески доступных базовых технологических компонентов PROFIBUS, среди которых различают

- **Однокристалльные чипы**, в которые интегрированы все функции протокола и которые не требуют наличия дополнительного контроллера,
- **Коммуникационные чипы**, которые реализуют более или менее крупные части протокола и не даются дополнительно в контроллере, и
- **Чипы протокола** со встроенным контроллером.

Тип версии реализации сильно зависит от сложности полевого устройства, требуемых производительности и функциональности. Далее следуют несколько примеров.

Реализация

простого

подчиненного

Реализация однокристалльных специализированных интегральных схем (ASIC) это идеальное решение для простого устройства ввода/вывода. Все функции протокола уже интегрированы в ASIC. Не требуется ни микропроцессор, ни программное обеспечение. В качестве внешних компонентов требуются только драйвер интерфейса шины, кварц и схемы питания.

Реализация

интеллектуального

подчиненного

В этой форме имплементации, неотъемлемые части протокола PROFIBUS 2-го уровня реализуются на чипе протокола, а остальные части реализуются как ПО микроконтроллера. Большинство специализированных ИС, доступных на рынке, реализуют все части протокола касательно циклических коммуникаций, ответственных за передачу критических во времени данных. В качестве альтернативы, можно использовать чипы протокола с интегрированными контроллерами, в которых можно реализовать часть протокола для передачи наименее критических во времени данных. Эти ИС предлагают единообразный интерфейс и выполняют операции вместе с обычными микроконтроллерами. Микропроцессоры со встроенным ядром PROFIBUS предлагают больше опций.

Реализация

сложного

ведущего

В этом варианте имплементации критические по времени части протокола так и исполняются чипом протокола, а остальные части реализуются как ПО микроконтроллера. Для реализации сложных ведущих устройств на данный момент доступно множество специализированных ИС различных производителей. Они могут функционировать в комбинации со многими обычными микроконтроллерами. Соответствующий обзор чипа протокола доступен на сайте PROFIBUS. За более подробной информацией обращайтесь непосредственно к поставщику.

Стеки

PROFIBUS

Зачастую чипы и соответствующее ПО протокола (стеки PROFIBUS) поставляются

разными производителями, что несомненно увеличивает разнообразие доступных на рынке решений.

На основе этого можно разрабатывать технически оптимизированные и экономически эффективные продукты, которые отвечают специфическим прикладным требованиям рынка, согласно соответствующему обязательству PROFIBUS User Organization. Это так же доказывает открытость и мультивендорную стойкость PROFIBUS, которые не только не ограничиваются спецификациями, но и включают в себя реализацию продукта. Чисто программные решения встречаются редко из-за своего невыгодного соотношения цены и производительности по сравнению с реализациями на чипах. Поэтому они используются только в специфических приложениях.

9.2 Реализация интерфейсов

Технология	передачи	данных	MBP
Реализуя полевое устройство, питающееся от шины, с технологией передачи данных MBP, особенное внимание следует уделить низкому потреблению энергии.			

Как правило, таким устройствам доступно 10 - 15 мА питающего тока по кабелю шины, чего должно хватать на все устройство, включая шинный интерфейс и измерительную электронику.

Чтобы удовлетворить это требование, существует специальный чип-модем. Такой модем берет требуемую для устройства мощность из шинного соединения MBP и делает ее доступной в качестве напряжения питания для прочих электронных компонентов устройства. В то же время, цифровые сигналы подключенного чипа протокола преобразуются в сигналы шины MBP соединения, модулированные для электропитания. Типичная конфигурация коммерчески доступной печатной платы показана на рис. 36.

За дальнейшей информацией по реализации шинного соединения для полевого устройства с технологией передачи MBP обращайтесь к техническому руководству PNO No. 2.092.

Технология	передачи	данных	RS485
Для полевых устройств, которые нельзя запитать от шины, можно использовать стандартный интерфейс RS485. Это повысит гибкость реализации устройства, поскольку его можно подключить к сегменту PROFIBUS DP без разделителя.			

Ключевыми особенностями технологии RS485 являются ее низкая стоимость и помехоустойчивость. Скорости передачи данных от 9.6 Kbit/s до 12 Mbit/s поддерживаются без необходимости внесения изменений.

В качестве дальнейшего улучшения была разработана RS485 IS, являющаяся искробезопасной версией RS485. Модули RS485 поставляются множеством производителей и доказали свою эффективность в миллионах приложений.

PROFINet

PROFINet это концепция всесторонней автоматизации, которая возникла как результат движения технологий автоматизации в сторону модульных, повторно

используемых машин и промышленных объектов с распределенной логикой. PROFINet с ее обширной структурой (однородная модель для проектирования, времени функционирования и передачи данных в другие коммуникационные системы, такие как PROFIBUS и OPC) отвечает всем ключевым требованиям технологии автоматизации касательно

- последовательного обмена данными от полевого уровня к корпоративному с использованием Ethernet,
- вендор-независимой внепроизводственной инженерной модели для всей автоматизации целиком,
- открытости другим системам,
- имплементации стандартов ИТ, и
- возможности интеграции сегментов PROFIBUS без необходимости изменений в них.

PROFINet доступна как спецификация и как независимое от операционной системы программное обеспечение в исходных кодах. Спецификация описывает все аспекты PROFINet: объектную и компонентную модели, коммуникации времени функционирования, концепцию проху представления и наладку. ПО PROFINet покрывает все коммуникации времени функционирования производства. Эта комбинация спецификации и ПО в исходных кодах позволяет простую и эффективную интеграцию PROFINet в широчайший спектр сред функционирования устройств. Выбранный путь подготовки исходного ПО, на котором выстраиваются все реализации продуктов, создает выдающиеся возможности по обеспечению стойкости качества интерфейса PROFINet в продукте. Процедура гарантирует минимизацию любых проблем с интероперабельностью.

10.1 Инженерная модель PROFINet

Чтобы обеспечить дружественную конфигурацию PROFINet систем, была определена вендор-независимая концепция проектирования. Она основана на инженерной объектной модели, что позволяет разработку конфигурационного инструментария, а так же спецификаций функциональных расширений от производителя. Инженерная модель (Engineering Model) PROFINet проводит различие

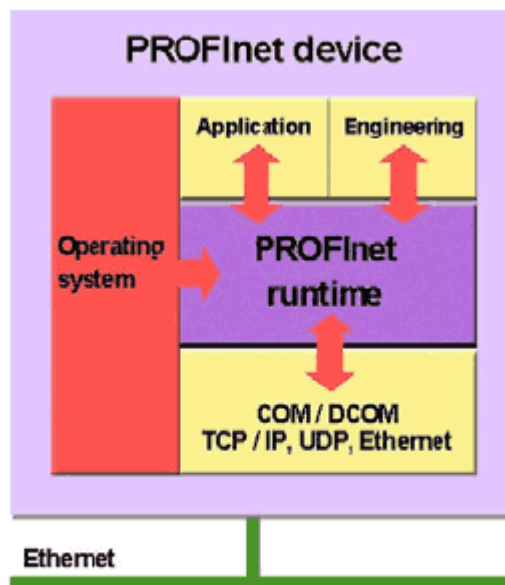


Рис. 35: Структура устройства PROFINet

между *программированием* управляющей логики отдельных технологических модулей и *конфигурацией* всего промышленного объекта под применение.

Как и раньше, программирование отдельных устройств, их конфигурация и параметризация выполняются производителем с помощью собственных инструментальных средств. ПО, созданное во время программирования устройства, затем инкапсулируется в форме PROFINet компонента с помощью интерфейса редактора компонентов, который так и должен быть включен в инструментарий. Редактор компонентов генерирует описание компонента в виде XML файла, структура и содержание которого определены в спецификациях PROFINet.

Промышленный объект конфигурируется установлением взаимосвязей между компонентами PROFINet и приложением с использованием инструментальных средств проектирования PROFINet. Чтобы это сделать, сгенерированные компоненты PROFINet импортируются в редактор в виде XML файлов, связи устанавливаются графическими линиями. Это позволяет комбинировать распределенные в промышленном объекте приложения (от разных производителей) в одно общее приложение). Решающим преимуществом этого подхода является то, что коммуникации больше не нужно программировать. Вместо этого, коммуникационные отношения между компонентами устанавливаются линиями, называемыми взаимосвязями.

Информация о взаимосвязях затем загружается на устройство просто кликом мыши. Это означает, что каждое устройство теперь знает своих коммуникационных партнеров и свои взаимосвязи и может обмениваться информацией.

10.2 Коммуникационная модель PROFINet

Коммуникационная модель PROFINet определяет вендор-независимый стандарт для коммуникаций через Ethernet с традиционными механизмами ИТ (коммуникации времени функционирования). Она использует TCP/IP и COM/DCOM, самые распространенные стандарты в мире ПК. Они предоставляют прямой доступ из офисного уровня к полемому и наоборот (вертикальная интеграция).

В PROFINet, проводной протокол DCOM вместе с вышеупомянутыми стандартами определяют обмен данными через Ethernet между компонентами от разных производителей. В качестве альтернативы, для приложений с жесткими требованиями реального времени доступен оптимизированный коммуникационный механизм.

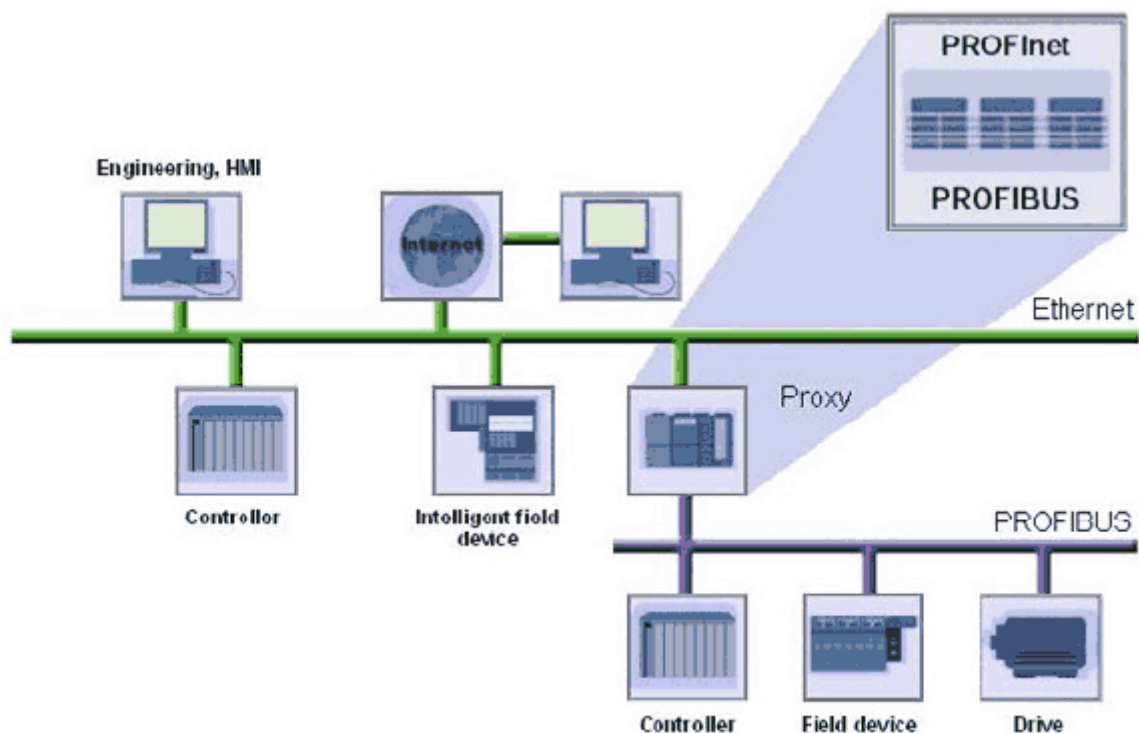


Рис. 36: Модель миграции PROFInet

Компоненты

PROFInet

Основной подход PROFInet заключается в применении объектной модели, уже опробованной и протестированной в ПО, к технологии автоматизации. С этой целью машины, промышленные объекты и их части разделяются на технологические модули, каждый из которых включает в себя механическое, электрическое/электронное и программное обеспечение. Функциональность технологического модуля инкапсулирована в компонентах PROFInet, доступ к которым осуществляется через однородно определенные «интерфейсы». Компоненты можно комбинировать через их интерфейсы в соответствии с модульным принципом и связывать с приложениями.

10.3 Модель миграции PROFInet

Интеграция сегментов PROFIBUS в PROFInet выполняется с использованием proxy (см. рис. 36). Они принимают на себя функцию представления для всех устройств, подключенных к PROFIBUS. Это значит, что во время переоборудования или расширения промышленного объекта, весь спектр устройств PROFIBUS, включая продукты PROFIdrive и PROFIsafe можно не изменять, таким образом, пользователям предоставляется максимальная защита инвестиций. Технология так же позволяет интеграцию с другими полевыми системами.

10.4 XML

XML (EXtensible Markup Language -расширяемый язык разметки) это гибкий язык описания данных, основанный на простом ASCII коде. XML документы можно передавать от приложения к приложению множеством способов, например, на дискете, по электронной почте, с использованием TCP/IP или HTTP через Internet.

XML важен в технологии автоматизации для описания параметров в FDT, в качестве формата импорта и экспорта параметров устройств в инструментальных средствах проектирования и как средство вертикальной интеграции (обмен данными независимо от используемой операционной системы).

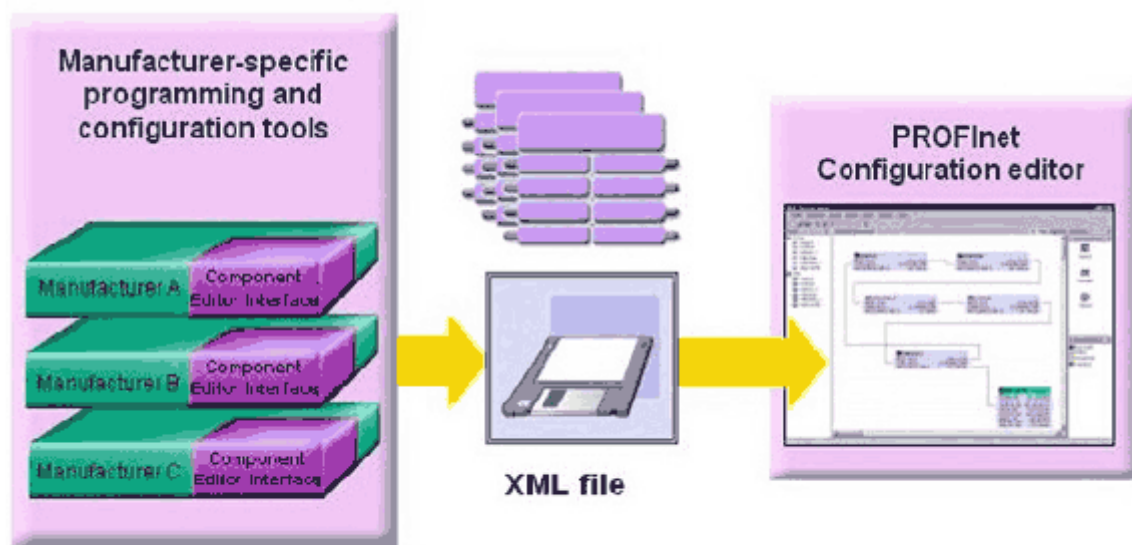


Рис. 34: Создание и связывание компонентов

10.5 OPC и OPC DX

OPC это стандартный в автоматизации интерфейс, представленный в 1996г., для доступа к приложениям на базе ОС Windows. Реализация OPC делает возможным гибкий, независимый от производителей выбор компонентов и их взаимосвязывание без необходимости программирования. В настоящее время OPC базируется на модели Microsoft DCOM.

С 2000г. данные и сервисы OPC отображаются в XML, что значит, что данными OPC можно даже обмениваться между не-Windows платформами посредством читаемых XML документов.

OPC **DX** (**Data Exchange** - обмен данными) развивается в рамках OPC Foundation с целью разработки протокола для обмена не критичными во времени пользовательскими данными между автоматизированными системами различных производителей и типов (PLC, DCS, PC).

OPC DX основан на существующей спецификации OPC **DA** (**Data Access** - доступ к данным). В то е время, определен инженерный интерфейс, который позволяет конфигурировать соединенные системы. В отличие от PROFINet, OPC DX является не объектно-ориентированным, а тэг-ориентированным, т.е. автоматизированные системы существуют не как COM объекты, а как (тэги) имена. OPC DX разрешит соединение разных АС в промышленном объекте на уровне Ethernet. Тем не менее, доступа к полевому уровню не будет, так что существующие полевые системы и PROFINet в любом случае не испытают на себе никакого влияния.

PROFIBUS International

Чтобы обеспечить свое сохранение, развитие и преобладание на рынке, открытой технологии в качестве рабочей платформы необходим независимый от компаний институт. С целями продвижения PROFIBUS именно таким путем в 1989 г. была основана PROFIBUS User Organization e.V. (PNO) (Пользовательская организация PROFIBUS). Это некоммерческая организация производителей, пользователей и институтов. PNO является членом PROFIBUS International (PI), основанной в 1995г., которая сейчас включает в себя 23 региональных пользовательских организации (Regional PROFIBUS Associations, RPA, Региональные ассоциации пользователей) и более 1000 членов, в том числе в США, Китае и Японии, являясь крупнейшей в мире организацией в области промышленных коммуникаций (рис. 38).

Задачи

Ключевыми задачами PI являются:

- Поддержка и развитие технологии PROFIBUS.
- Расширение всемирного признания и использования технологии PROFIBUS.
- Защита инвестиций пользователей и производителей, путем контролирования стандартизации.
- Представление интересов членов организации перед лицом ассоциаций и комитетов по стандартам.
- Повсеместная техническая поддержка компаний Центрами компетенции (Competence Centers).
- Обеспечение качества путем сертификации устройств.

Организация

PI передала разработку технологии PROFIBUS в PNO Германии. Консультативный совет PNO Германии теперь контролирует действия по разработке. Команды разработчиков организованы в 5 Технических комитетов (**Technical Committee, TC**) с более 35 постоянных рабочих групп (**Working Group, WG**). Кроме того, присутствует переменное количество рабочих групп, набираемых для выполнения определенных задач в определенное время. Рабочие группы из более чем 300 экспертов разрабатывают новые спецификации и профили, работают с подтверждением качества и стандартизацией, трудятся в комитетах по стандартам и вырабатывают эффективные маркетинговые мероприятия (презентации, выставки-продажи) для расширения технологии PROFIBUS. Все текущие события координирует Центр поддержки PI.

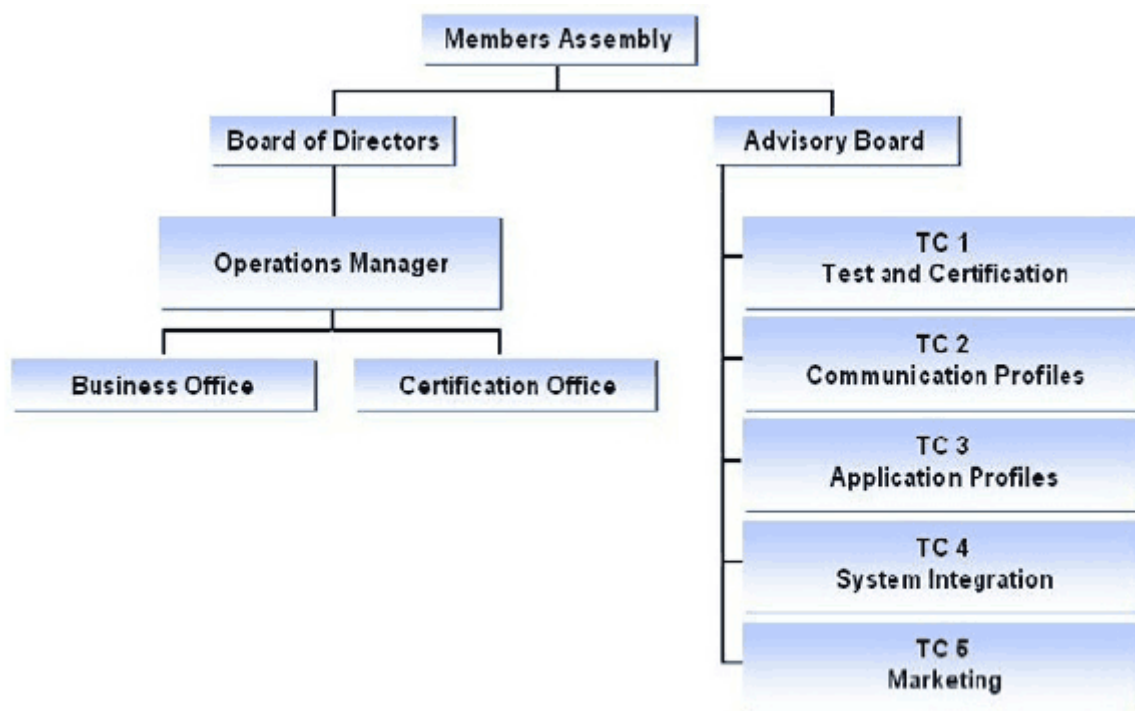


Рис. 37: Структура PROFIBUS User Organization

Членство

Членство в PNO открыто для всех компаний, ассоциаций, учреждений и физических лиц, кто хотел бы внести свой конструктивный вклад в развитие и принятие технологии PROFIBUS. Совместные усилия членов организации, из самых разнообразных отраслей промышленности, выливаются в существенный синергический эффект, порождая скрупулезный обмен информацией. Это приводит к появлению инновационных решений, эффективному использованию ресурсов и значительному продвижению на рынке.

Рабочие

группы

Рабочие группы осуществляют ключевой вклад в успех PROFIBUS. Рис. 37 показывает разбиение 5 Технических комитетов для работы в разных областях. Дальнейшее деление на более 35 рабочих групп позволяет очень целенаправленно работать со специфическими технологиями.

Все члены приглашены к участию в рабочих группах и, таким образом, могут занять активную позицию по отношению к дальнейшей разработке. До выхода очередного релиза все новые рабочие результаты представляются членами организации для обсуждения.

Центры

компетенции

PI утвердила 22 Центра компетенции по всему миру, а так же 7 тестирующих лабораторий для сертификационных работ. Эти учреждения предоставляют все виды услуг по поддержке пользователей и производителей, а так же проводят тестирование для сертификации устройств. Будучи частью PROFIBUS International, они предоставляют свои услуги в соответствии с согласованными документированными правилами. Центры компетенции, а так же Тестирующие лаборатории проходят регулярные проверки своей квалификации, выполняя

процедуры аккредитации, специально ориентированные на их задачи. Текущие адреса можно найти на сайте PI.

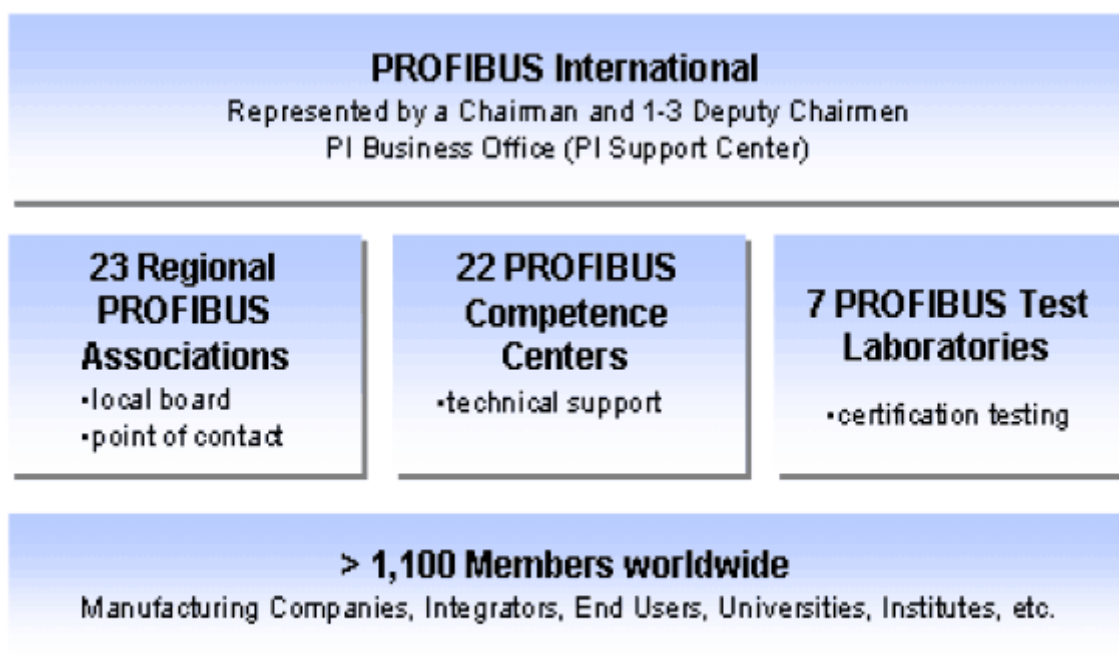


Рис. 38: Организация PI

Документация

В ходе дальнейшей поддержки, PNO предлагает всем пользователям и производителям широкий и очень многосторонний спектр документации. Она представлена на английском языке и разделена на следующие категории: **Стандарт PROFIBUS** содержит базовые спецификации PROFIBUS и некоторые выдержки из других документов. **Руководства PROFIBUS** содержат спецификации по реализациям, процедурам тестирования, языкам описания, а так е спецификации, ориентированные на отдельные приложения, такие как Time Stamp или PROFInet.