

# Сеть Profibus

# Свойства сети Profibus

- PROFIBUS (Process Field Bus) — открытая промышленная сеть, прототип которой был разработан компанией Siemens AG для своих промышленных контроллеров SIMATIC, на основе этого прототипа Организация пользователей PROFIBUS разработала международные стандарты, принятые затем некоторыми национальными комитетами по стандартизации. Очень широко распространена в Европе, особенно в машиностроении и управлении промышленным оборудованием.

# Свойства сети Profibus

- Сеть PROFIBUS основывается на нескольких стандартах и протоколах. Сеть отвечает требованиям международных стандартов IEC 61158 и EN 50170. Поддержкой, стандартизацией и развитием сетей стандарта PROFIBUS занимается PROFIBUS NETWORK ORGANISATION (PNO). PROFIBUS объединяет технологические и функциональные особенности последовательной связи полевого уровня. Она позволяет объединять разрозненные устройства автоматизации в единую систему на уровне датчиков и приводов.

# Свойства сети Profibus

- PROFIBUS использует обмен данными между ведущим и ведомыми устройствами (протоколы DP и PA) или между несколькими ведущими устройствами (протоколы FDL и FMS). Требования пользователей к получению открытой, независимой от производителя системе связи, базируется на использовании стандартных протоколов PROFIBUS.
- Сеть PROFIBUS построена в соответствии с многоуровневой сетевой моделью ISO 7498. PROFIBUS определяет следующие уровни:

# Свойства сети Profibus

- - 1 — физический уровень — отвечает за характеристики физической передачи;
- - 2 — канальный уровень — определяет протокол доступа к шине;
- - 7 — уровень приложений — отвечает за прикладные функции.

# Основные характеристики

- Интерфейсы реализованы в виде специализированных микросхем (ASIC), которые выпускаются множеством поставщиков. Основывается на спецификации интерфейса RS485 и европейской электрической спецификации EN50170. Разновидности: Profibus DP (главный/подчиненный), Profibus FMS (несколько главных устройств/одноранговые устройства), Profibus PA (внутренне безопасная шина). Максимальное число узлов: 127.

# Основные характеристики

- Длина соединения: от 100 м до 24 км (с ретрансляторами и оптоволоконными кабелями). Скорость передачи: от 9600 бит/с до 12 Мбит/с. Размер сообщения: до 244 байт на сообщение для одного узла. Методы обмена сообщениями: опрос (DP/PA) и одноранговый (FMS).
- Открытость и независимость от производителя гарантирует стандарт EN 50170, всё остальное реализовано в соответствии со стандартом DIN 19245.

# Основные характеристики

- Остальное, это: техника передачи данных, методы доступа, протоколы передачи, сервисные интерфейсы для уровня приложений, спецификация протоколов, кодирование, коммуникационная модель и т. д.. С помощью PROFIBUS, устройства разных производителей могут работать друг с другом без каких-либо специальных интерфейсов. Семейство PROFIBUS состоит из трех совместимых друг с другом версий: PROFIBUS PA, PROFIBUS DP и PROFIBUS FMS.

# Физический уровень PROFIBUS

- **1. Физический уровень PROFIBUS**
- Физически PROFIBUS может представлять из себя:
  - - электрическую сеть с шинной топологией, использующую экранированную витую пару, соответствующую стандарту RS-485;
  - - оптическую сеть на основе волоконно-оптического кабеля;
  - - инфракрасную сеть.
- Скорость передачи может варьироваться от 9,6 Кбит/сек до 12 Мбит/сек. 2.1.1 RS-485

# Физический уровень PROFIBUS

- Интерфейс RS-485 (другое название - EIA/TIA-485) - один из наиболее распространенных стандартов физического уровня связи. Физический уровень - это канал связи и способ передачи сигнала (1 уровень модели взаимосвязи открытых систем OSI). Сеть, построенная на интерфейсе RS-485, представляет собой приемопередатчики, соединенные при помощи витой пары.

# Физический уровень PROFIBUS

- Стандартные параметры интерфейса RS-485
- Число передатчиков/приемников 32/32
- Максимальная длина кабеля 1200 м
- Максимальная скорость связи 10 Мбит/с
- Диапазон напряжений "1" передатчика +1.5...+6 В
- Диапазон напряжений "0" передатчика -1.5...-6 В
- Диапазон синфазного напряжения передатчика -1...+3 В

# Физический уровень PROFIBUS

- Допустимый диапазон напряжений приемника -7...+12 В
- Пороговый диапазон чувствительности приемника  $\pm 200$  мВ
- Максимальный ток короткого замыкания 250 мА
- Допустимое сопротивление нагрузки передатчика 54 Ом
- Входное сопротивление приемника 12 кОм

# Физический уровень PROFIBUS

- **Преимущества:**
- Гибкая шинная или древовидная топология с повторителями, шинными терминалами и шинными штекерами для подключения узлов PROFIBUS
- Исключительно пассивная передача сигналов, которая обеспечивает отключение узлов без оказания влияния на сеть (за исключением узлов, питающих нагрузочные сопротивления)

# Физический уровень PROFIBUS

- Простота прокладки и подключения шинного кабеля, не требующая специального опыта.
- **Ограничения:**
- Охватываемое расстояние снижается при увеличении скорости передачи
- При наружной установке требуются дополнительные меры по молниезащите.

# Физический уровень PROFIBUS

- **Волоконно-оптический канал**
- Топология сети: Шинная топология, топология типа «звезда» или «кольцо»
- Среда передачи: Волоконно-оптические кабели с волокнами из стекла, с пластиковым покрытием или с пластиковыми волокнами
- Возможные длины сегментов: До 15 км
- Количество узлов: Не более 127 в сети
- Скорость передачи: 9,6 кбит/с 19,2 кбит/с  
45,45 кбит/с 93,75 кбит/с 187,5 кбит/с 500  
кбит/с 1,5 Мбит/с 3 Мбит/с 6 Мбит/с 12  
Мбит/с

# Физический уровень PROFIBUS

- **Схема приема-передающей аппаратуры ВОЛС выглядит следующим образом:**
- **Преимущества:**
- Независимо от скорости передачи, достигаются большие расстояния между двумя терминалами передачи данных (ТПД) (расстояния между двумя модулями достигают до 15 км)
- Узлы и среда передачи данных электрически развязаны между собой

# Физический уровень PROFIBUS

- При соединении компонентов, имеющих разные потенциалы относительно земли, отсутствуют токи экрана
- Отсутствие электромагнитных помех
- Не требуются дополнительные средства молниезащиты
- Простота прокладки волоконно-оптических кабелей
- Высокая надёжность ЛВС благодаря использованию кольцевой топологии

# Физический уровень PROFIBUS

- Чрезвычайно простая техника подключения при использовании пластиковых волоконно-оптических кабелей на коротких дистанциях.
- **Ограничения:**
- Общее время передачи пакета увеличено по сравнению с сетями на витой паре
- Для монтажа стеклянных волоконно-оптических кабелей к штекерам требуется специальный опыт и инструменты
- Отсутствие питания в точках сочленения приводит к прерыванию передачи сигнала

# Физический уровень PROFIBUS

- **Инфракрасная сеть**
- Топология сети: Точка-точка, Точка-многоточка
- Среда передачи: Открытое пространство с прямой видимостью
- Возможные длины сегментов: До 15 м
- Количество узлов: Не более 127 в сети
- Скорость передачи 9,6 кбит/с 19,2 кбит/с 45,45 кбит/с 93,75 кбит/с 187,5 кбит/с 500 кбит/с 1,5 Мбит/с

# Физический уровень PROFIBUS

- Высокая мобильность подключенных компонентов производственного участка (например, тележек)
- Отсутствие износа при подключении и отключении в сетях с фиксированными компонентами
- Объединение узлов без монтажа кабеля (временное подключение, подключение к труднодоступным участкам)
- Не зависит от протокола
- Электрическая развязка между узлами и проводной сетью

# Физический уровень PROFIBUS

- **Ограничения:**
- Скорость передачи  $\leq 1.5$  Мбит/с
- Требуется открытое пространство и прямая видимость между узлами
- Максимальное расстояние не превышает 15 м
- В сетях может быть только одно ведущее устройство

# Канальный уровень

- **1 Протокол доступа к шине**

- Для всех версий PROFIBUS существует единый протокол доступа к шине. Протокол реализуется на 2 уровне модели OSI (который называется FDL). Протокол реализует процедуру доступа с помощью маркера (token). Сеть PROFIBUS состоит из ведущих (master) и ведомых (slave) станций. Ведущая станция может контролировать шину, то есть может передавать сообщения (без удалённых запросов), когда она имеет право на это (то есть когда у неё есть маркер).

# Канальный уровень

- Ведомая станция может лишь распознавать полученные сообщения или передавать данные после соответствующего запроса. Маркер циркулирует в логическом кольце, состоящем из ведущих устройств. Если сеть состоит только из одного ведущего, то маркер не передаётся (в таком случае в чистом виде реализуется система master-slave). Сеть в минимальной конфигурации может состоять либо из двух ведущих, либо из одного ведущего и одного ведомого устройства.

# Канальный уровень

- Еще одна важная задача канального уровня - сохранение целостности информации. Кадры Уровня 2 протокола PROFIBUS обеспечивают целостность информации с высокой надежностью. Все кадры имеют хэммингово расстояние, равное 4. Для этого, в соответствии с международным стандартом IEC 870-5-1, используются специальные начальные и конечные разделители, жесткая синхронизация и бит контроля четности для каждого октета.

# Канальный уровень

- Канальный уровень PROFIBUS работает в режиме без процедуры установления связи. Он предлагает как передачу точка-точка, так и многопунктовую связь (широковещательную и групповую). Широковещательная связь означает, что активная станция посылает всем другим станциям (ведущим и ведомым) неподтверждаемое сообщение. Групповая связь означает, что активная станция посылает неподтверждаемое сообщение группе ведущих или ведомых устройств.

# Канальный уровень

- Сервисные функции канального уровня PROFIBUS:
- SDA. Назначение: Послать Данные с Подтверждением (Send Data with Acknowledge). Используется протоколом FMS.
- SRD. Назначение: Послать и Запросить Данные с Ответом (Send and Request Data with Reply). Используется в FMS и DP.
- SDN. Назначение: Послать Данные без Подтверждения (Send Data With No Acknowledge). Используется в FMS и DP.

# Канальный уровень

- CSRD. Назначение: Периодически Посылать и Запрашивать Данные с Ответом (Cyclic Send and Request Data with Reply). Используется протоколом FMS.

# Прикладной уровень

- Прикладной пользовательский сервис обеспечивается уровнем 7 эталонной модели ISO/OSI. Благодаря этому сервису возможен эффективный и расширяемый обмен данными между прикладными процессами. Прикладной уровень протокола PROFIBUS-FMS определяется в стандарте DIN 19245, Часть 2 и состоит из Спецификации Сообщений Fieldbus - FMS (Fieldbus Message Specification) и Интерфейса Нижнего Уровня - LLI (Lower Layer Interface).

# Прикладной уровень

- В спецификации FMS описываются объекты взаимодействия, прикладной сервис и результирующие модели с точки зрения взаимодействующего партнера. Интерфейс LLI служит для адаптации прикладных функций к разным характеристикам Уровня 2.

# Протоколы сети PROFIBUS

- **1 ProfibusDP**
- Profibus DP (Decentralized Peripherals) - профиль протоколов промышленной сети Profibus.
- Использует уровни модели OSI:
  - - 1 — физический уровень — отвечает за характеристики физической передачи
  - - 2 — Канальный уровень — определяет протокол доступа к шине
  - - 7 — Прикладной уровень — отвечает за прикладные функции

# Протоколы сети PROFIBUS

- Сеть была спроектирована для высокоскоростной передачи данных между устройствами. В сети центральные контроллеры (программируемые логические контроллеры и РС) связаны с их распределёнными полевыми устройствами через высокоскоростную последовательную связь. Большинство передач данных осуществляется циклическим способом.
- В качестве ведущего устройства могут использоваться контроллеры. Как ведомые устройства, могут использоваться приводы, клапаны или устройства ввода-вывода.

# Протоколы сети PROFIBUS

- С помощью Profibus DP могут быть реализованы Mono и MultiMaster системы. Основной принцип работы заключается в следующем: центральный контроллер (ведущее устройство) циклически считывает входную информацию с ведомых устройств и циклически записывает на них выходную информацию. При этом время цикла шины должно быть короче, чем время цикла программы контроллера, которое для большинства приложений составляет приблизительно 10 мсек.

# Протоколы сети PROFIBUS

- В дополнение к циклической передаче пользовательских данных Profibus DP предоставляет широкие возможности по диагностике и конфигурированию. Коммуникационные данные отображаются специальными функциями как со стороны ведущего, так и со стороны ведомого устройства.
- Диагностические функции Profibus DP позволяют быстро локализовать сбои в системе. Они передаются по шине мастеру, сообщения делятся на три уровня:

# Протоколы сети PROFIBUS

- связанная со станцией диагностика — определяет состояние всего устройства (перегрев, низкое напряжение и т. д.)
- связанная с модулем диагностика — сообщения связанные с ошибками в том или ином входном/выходном модуле
- связанная с каналом диагностика — определяют ошибку конкретного бита входа/выхода.

# Протоколы сети PROFIBUS

- Поведение системы при использовании протокола DP определяется состоянием ведущего устройства. Существует три основных состояния:
- **ОСТАНОВ** — в этом состоянии не происходит передачи данных между ведущим устройством и периферией
- **ОЧИСТКА** — ведущее устройство считывает информацию с ведомых устройств и держит выходы в состоянии защиты от сбоя
- **РАБОТА** — ведущее устройство находится в состоянии приёма или передачи данных с периферии

# Протоколы сети PROFIBUS

- Ведущее устройство циклически посылает информацию о своём состоянии всем ведомым устройствам присоединённым к нему. Передача данных между ведущим и ведомым устройствами делится на три фазы:
  - - параметризация
  - - конфигурирование
  - - передача данных
- На 1 и 2 стадиях ведомое устройство сравнивает свою конфигурацию с конфигурацией, ожидаемой ведущим и если они совпадают, происходит передача данных.

# Протоколы сети PROFIBUS

- В дополнение к обычной передаче пользовательских данных, ведущее устройство может посылать управляющие команды одному, группе или всем своим ведомым устройствам. Существует две таких команды. Одна переводит ведомые устройства в режим sync (все выходы блокируются в текущем состоянии), другая — переводит в режим freeze (все входы блокируются в текущем состоянии). Вывод из этих режимов происходит с помощью команд unsync и unfreeze соответственно.

# Протоколы сети PROFIBUS

- В дополнение к данной системе передачи, существуют расширенные DP функции, которые позволяют производить ациклическое чтение и запись параллельно циклической передаче данных.
- **2 Profibus FMS**
- PROFIBUS FMS — протокол предназначен в основном для связи программируемых контроллеров друг с другом и станциями оператора. Он используется в тех областях, где высокая степень функциональности более важна нежели чем быстрое время реакции системы.

# Протоколы сети PROFIBUS

- При связи через FMS используются отношения типа клиент-сервер. Клиент является процессом приложения, который в качестве заказчика услуги обращается к объектам. Сервер является исполнителем услуги «Объекты».
- В распоряжение клиенту предоставляются объекты связи. В качестве примера устройств, соединенных по FMS протоколу можно упомянуть SIMATIC S7 с FMS-CP или, например, SIMATIC S5 с CP 5431FMS. Очень часто используется комбинированный режим работы устройств PROFIBUS FMS и PROFIBUS DP, в этом случае между мастерами и ведомыми устройствами используется протокол DP, а между самими мастерами протокол FMS.

# Протоколы сети PROFIBUS

- Основная нагрузка в протоколе FMS приходится на уровень приложений. Им предоставляются коммуникационные службы, которые могут использоваться непосредственно пользователем, которые отвечают за выполнение запросов в системе клиент-сервер. Коммуникационная модель PROFIBUS FMS допускает объединение распределенных процессов приложений в общий процесс с использованием коммуникационных связей. Часть процесса приложения в полевом устройстве, которая может быть достигнута через коммуникацию называется виртуальным полевым устройством VFD.



# Протоколы сети PROFIBUS

- В нем находится словарь так называемых коммуникационных объектов, через которые и происходит связь между устройствами с помощью служб. Словарь содержит описание, структуру и типы данных, а также связи между адресами внутреннего устройства коммуникационных объектов и их назначение на шине (индекс/имя).
- Словарь состоит из следующих объектов:
  - заголовок - информация по структуре словаря
  - список статических типов данных - список поддерживаемых статических типов данных

# Протоколы сети PROFIBUS

- словарь статических объектов в нём - все статические коммуникационные объекты
- динамический список списка переменных - список всех списков переменных
- динамический список программ - список всех программ
- В настоящее время применение протокола PROFIBUS FMS сокращается, в связи с переходом к Промышленный Ethernet и PROFINet. Однако спецификации FMS стали частью стандарта FOUNDATION Fieldbus и используются в нём.

# Протоколы сети PROFIBUS

## ■ 3 ProfibusPA

- PROFIBUS PA (Process Automation) — промышленная сеть, служит для соединения систем автоматизации и систем управления процессами с полевыми устройствами (например, датчиками давления, температуры и уровня). Может использоваться для аналоговой (от 4 до 20 мА) технологии. Profibus PA использует основные функции Profibus DP для передачи измеренных величин и состояния контроллера, а также расширенные функции для параметризации и операций с полевыми устройствами.