

Основы Foundation Fieldbus

Введение

Что такое Foundation Fieldbus?

Технология Foundation Fieldbus – это открытая архитектура, предназначенная для интеграции информации от полевых датчиков в АСУ ТП. Она является цифровой, последовательной, двухсторонней системой связи.

Существует две реализации интерфейса Foundation Fieldbus:

- Foundation Fieldbus H1
- Foundation Fieldbus HSE (High Speed Ethernet)

Foundation Fieldbus H1 работает на скорости 31,25 кбит/с и, как правило, соединяется напрямую с полевыми устройствами (датчики, приводы и системы ввода/вывода). Данные передаются по последовательному интерфейсу RS-485.

Foundation Fieldbus HSE работает на скорости 100 Мбит/с и обеспечивает интеграцию контроллеров, подсистем Foundation Fieldbus H1, серверов и рабочих станций посредством Ethernet.

Технология H1 использует все преимущества аналоговых систем 4...20 мА, такие как:

- передача данных и прием контрольных сигналов по одной петле;
- стандартный физический интерфейс для передачи данных;
- питание устройства и передача данных по одной витой паре;
- функции искробезопасности.

Более того, технология Foundation Fieldbus обеспечивает:

- высокую производительность за счет цифровой передачи данных;
- сокращение проводов и терминаторов за счет возможности подключения нескольких устройств к одному сегменту шины;
- широкий выбор производителей за счет открытости протокола и, как следствие, взаимозаменяемости;
- уменьшение нагрузки на центральный процессор за счет распределенного характера системы;
- возможность подключения к локальной сети Ethernet.

Преимущества Foundation Fieldbus

За счет применения технологии H1 в системах управления могут быть получены значительные преимущества:

- *Передача больших объемов данных*

FF позволяет передавать множество переменных в систему управления с каждого устройства для целей архивирования, построения трендов, генерации отчетов, технического обслуживания и оценки рисков. Также высокая скорость передачи данных и свободный от искажений цифровой сигнал позволяют значительно повысить производительность системы.

- *Расширенные возможности для диагностики*

Возможности самодиагностики и обмена данными устройств FF, имеющих микропроцессорную базу, позволяют уменьшить время простоя в случае какой-либо аварии и увеличить уровень безопасности на предприятии.

- *Сокращение объема аппаратной части*

Технология Foundation Fieldbus использует стандартизированные функциональные блоки (Function Blocks) для реализации функций управления, сбора и обработки данных.

Функциональные блоки – это стандартные функции автоматизации, такие как, например, аналоговый вход (AI), аналоговый выход (AO) или PID-регулятор. Все данные функции могут быть реализованы прямо на полевом устройстве за счет применения функциональных блоков.

Подобный распределенный подход позволяет увеличить надежность и безопасность системы, а также уменьшить количество оборудования, необходимого для реализации системы. Отпадает необходимость в устройствах сопряжения с шиной, модулях ввода-вывода и т.д.

- *Уменьшение объема используемых кабелей*

Полевая шина H1 позволяет подключить множество устройств к одному сегменту шины при помощи одной «витой пары». В итоге отпадает необходимость тянуть кабели и линии связи к каждому полевому устройству, что существенно снижает издержки.

Соответствие технологии FF модели OSI

Технология Foundation Fieldbus H1 представлена тремя уровнями модели OSI:

1. Физический уровень (Physical Layer) – соответствует уровню 1 модели OSI.
2. Коммуникационный «стэк» (Communication «Stack»):
 - Канальный уровень (Data Link Layer) – соответствует уровню 2 модели OSI.
 - Подуровень доступа к полевой шине (Fieldbus Access Sublayer) – соответствует уровню 7 модели OSI.
 - Спецификация сообщения Fieldbus (Fieldbus Message Specification) – соответствует уровню 7 модели OSI.
3. Уровень пользовательских приложений (User Application Layer) – не регламентируется моделью OSI.

Физический уровень

На физическом уровне принимаются сообщения, приходящие из коммуникационного стека и преобразуются в физические сигналы и наоборот. Преобразование сопровождается добавлением и удалением преамбулы, разграничителя начала сообщения и разграничителя конца сообщения. Сигнал с шины преобразуется с использованием кодирования Манчестер II. Скорость передачи данных – 31,25 кбит/с.

По шине, помимо передачи данных, также выполняется питание устройств, что позволяет использовать существующую инфраструктуру для передачи аналоговых сигналов 4 ... 20 мА.

Для реализации искробезопасных применений Fieldbus поддерживает специально разработанную концепцию искробезопасности для полевых шин FISCO (Fieldbus Intrinsically Safe Concept).

Канальный уровень – коммуникационный стек H1

Канальный уровень (Data Link Layer – DLL) является совокупностью принятых стандартов IEC (IEC/TS 61158-3:1999, IEC/TS 61158-4:1999).

Типы устройств

В спецификации DLL определены два типа устройств:

- Простое устройство (Basic Device)
- Мастер соединения (Link Master)

Мастер соединения может использоваться в качестве активного планировщика связей (Link Active Scheduler - LAS). В качестве мастера соединений, как правило, выступают контроллеры. Простые устройства (Basic Device) не могут выступать в роли LAS.

Диспетчер текущих соединений (LAS) – устройство, которое управляет передачей данных по полевой шине. LAS хранит в памяти расписание передачи данных для всех устройств, подключенных к шине. Когда, в соответствии с расписанием, какое-либо устройство должно послать сообщение, то LAS отправляет сообщение инициализации данных буфера (Compel Data message – CD сообщение) данному устройству. Посылка CD сообщений является приоритетной операцией для LAS. Все остальные операции производятся в интервалы времени между посылкой данных сообщений. Также LAS хранит в памяти список активных устройств (Live List). LAS регулярно посылает маркеры передачи (Pass Token – PT сообщения) всем устройствам из списка и если устройства корректно отвечают на данное сообщение, то LAS оставляет их в списке активных устройств. Также регулярно посылаются сообщения проверки узлов (Probe Node - PN сообщения) на незанятые адреса для проверки не было ли подключено к шине новых устройств. Если устройство было подключено к шине и приняло PN сообщение, то оно в ответ посылает ответ проверки (Probe Response - PR), после чего LAS добавляет в список новое активное устройство и подтверждает добавление сообщением активации узла (Node Activation). Если устройство не отвечает корректно на PT сообщение, то оно удаляется из списка активных устройств.

В случае добавления устройства или удаления устройства из списка LAS посылает широковещательное сообщение об изменении списка всем устройствам, подключенным к шине. Таким образом, все устройства хранят в памяти актуальный список активных устройств, что позволяет избежать ошибок адресации и позволяет не осуществлять репликацию базы данных для всех устройств.

По шине передаются сообщения двух типов:

- Сообщения «по расписанию»
- Сообщения «не по расписанию»

Сообщения «по расписанию»

Сообщения «по расписанию» регулируются активным регулировщиком связей. LAS хранит в памяти расписание всех сообщений для всех устройств, подключенных к шине. Когда, в соответствии с расписанием, какое-либо устройство должно послать сообщение, то LAS отправляет сообщение инициализации данных буфера (Compel Data message – CD сообщение) данному устройству.

После приема данного сообщения устройство посылает все данные, содержащиеся в памяти, всем устройствам, подключенным к шине, другими словами «публикует» эти данные. Устройства, сконфигурированные принимать эти данные, являются «подписчиками».

Отправка сообщений «по расписанию», как правило, используется для организации циклической передачи данных управления между устройствами, подключенными к шине.

Сообщения «не по расписанию»

Все устройства также имеют возможность посылать сообщения «не по расписанию» в интервалы времени между передачей сообщений «по расписанию».

LAS предоставляет право устройству послать сообщение «не по расписанию» когда отправляет ему РТ сообщения. Когда устройство принимает РТ сообщение, то оно может посылать данные «не по расписанию» до тех пор, пока не будет завершена передача необходимой информации, либо до тех пор, пока не истекло время маркера передачи (delegated token hold time).

Передача сообщений

Виртуальная коммуникационная связь (VCR - Virtual Communication Relationship) использует сервисы канального уровня для передачи данных. Проводя аналогию с телефонными линиями, VCR позволяет реализовать скоростной набор, т.е. вместо набора кода страны, номера, кода абонента, достаточно знать номер быстрого набора. Так и в Foundation Fieldbus – достаточно знать VCR номер для доступа к устройству. После того, как устройство сконфигурировано, для доступа к нему необходим только номер VCR. Для разных типов передачи данных используются различные типы VCR:

- Клиент/Сервер – используется для передачи данных между двумя устройствами не по расписанию, передача инициирована пользователем, данные передаются «по очереди», это значит, что сообщения передаются в соответствии с подтвержденным порядком, с учетом приоритета сообщения, предыдущие сообщения не перезаписываются. Когда устройство получает РТ сообщение, то оно может послать запрос какому-либо устройству, которое присоединено к шине. При таком типе передачи данных устройство, которое запрашивает данные, называется «Клиент», а устройство, которое отвечает на запрос – «Сервер». Сервер отвечает на запрос, когда получает РТ сообщение от LAS. Данный тип связи используется для изменения уставок, калибровки датчиков, передачи сообщений сигнализации и загрузки данных на устройство или с устройства.
- Рассылка отчетов – используется для передачи данных от одного устройства группе «не по расписанию», передача инициирована пользователем, данные передаются «по очереди». Когда устройство, которое хранит в памяти отчет по событиям или отчет по изменению переменных получает РТ сообщение от LAS, то оно посылает сообщение группе устройств, которая определена VCR устройства. Устройства, которые сконфигурированы слушать события с данного номер VCR, получают отправленные устройством отчеты. Как правило, данный тип используется для передачи сигнализации на консоль оператора.
- Издатель/Подписчик – используется для передачи буферизированных сообщений от одного устройства ко многим. Буферизированное сообщение означает, что только последняя версия данных хранится в сети. Новые данные перезаписывают предыдущие. Когда устройство получает CD сообщение, то оно «публикует» широковещательное сообщение всем устройствам, подключенным к шине, другими словами, выступает в роли «издателя». Устройства же, которые получают сообщение, называют «подписчиками».

Резервирование LAS

Шина может иметь несколько устройств мастеров соединения. Если активный LAS по какой-то причине выйдет из строя, то резервный мастер соединений станет активным планировщиком связей и работа шины продолжится в нормальном режиме.

Управление системой

Функциональные блоки должны исполняться в четко определенные интервалы времени и в строгом порядке для корректной работы системы управления.

Система управления синхронизирует работу всех блоков управления в системе. Помимо этого система управления позволяет реализовать другие важные функции FF, такие как, например, резервирование LAS, поиск по тэгу и т.д. Устройства FF не используют различные механические переключатели для задания адреса, адресация происходит при помощи специального инструмента, использующего сервисы системы управления.

Вся необходимая для системы управления информация (например, расписание работы функциональных блоков) содержится в описании устройства, которое называется виртуальным полевым устройством системы управления (System Management Virtual Field Device – VFD). VFD предоставляет доступ к информационному блоку управления системой – SMIB (System Management Information Base) и информационному блоку управления сетью – NMIB (Network Management Information Base).

Уровень пользовательских приложений

Описание блоков

Функциональные блоки в Foundation Fieldbus бывает трех типов:

- Ресурсный блок (Resource Block);
- Функциональный блок – (Function Block);
- Блок передачи данных (Transducer Block).

Ресурсный блок может существовать только в одном экземпляре в устройстве Foundation Fieldbus. Данный блок хранит информацию о характеристиках устройства: наименование, производитель, серийный номер.

Функциональный блок обеспечивает необходимое поведение системы. Исполнение каждого блока жестко задано по времени. В одном устройстве может быть множество функциональных блоков.

В Foundation Fieldbus определены наборы стандартных функциональных блоков, таких как, например, AI, AO, DI, PID и т.д.

Также существуют, так называемые, гибкие функциональные блоки (Flexible Function Block). Данные блоки создаются пользователем. Тип, количество входов и выходов, а также внутренние алгоритмы определяются пользователем. Для организации внутренней логики могут использоваться стандартные функциональные блоки.

Блоки передачи данных используются для хранения информации о датчиках, с которых забирается информация на входе и выходе функциональных блоков – дата калибровки, тип датчика и т.д.

Очередность выполнения функциональных блоков

Инструмент для работы с очередностью (schedule building tool) используется для составления очередности работы функциональных блоков и расписания LAS.

Очередности содержат время старта в отчете от «абсолютного времени старта» (absolute link schedule start time). Абсолютное время старта известно всем устройствам, которые подключены к шине.

В течение одного цикла в зависимости от обозначенного времени старта поочередно запускаются функциональные блоки (первым запускается блок с временем 0, далее блок с временем 20 и т.д.).

Синхронизация времени

Технология Foundation Fieldbus поддерживает функцию синхронизации времени. Периодически контроллером (LAS) посылаются сообщения синхронизации времени (сообщения Time Distribution) всем полевым устройствам, подключенным к шине, что дает возможность принимающим устройствам установить общее синхронизированное время. Синхронизация времени крайне важна для реализации шины Foundation Fieldbus, так как выполнение операций «по расписанию» базируется на информации, полученной из этих сообщений.

Адресация

Каждому устройству, подключенному к шине, необходимы уникальный сетевой адрес и физический тэг устройства для того, чтобы шина функционировала исправно.

Для того, чтобы избежать ручной адресации предусмотрена возможность назначения адреса при помощи инструментов системы управления.

При подключении нового устройства к шине происходит следующее:

- неконфигурированное устройство подключается к шине с одним из четырех специальных адресов по умолчанию;
- конфигуратор присваивает физический тэг устройства, используя службы системы управления;
- конфигуратор выбирает адрес из неиспользуемых постоянных адресов и присваивает его устройству, используя службы системы управления;
- данный алгоритм повторяется для всех устройств, которые имеют адреса по умолчанию;
- устройство хранит физический тэг и адрес узла в энергонезависимой памяти, и эти данные сохраняются даже в случае прекращения подачи питания на устройство.

Поиск по тегу

Для удобства обслуживания технология Foundation Fieldbus предусматривает службы, позволяющие искать устройства или переменные, используя тэги.

Запрос «find tag query» является широковещательным. Сразу после принятия такого запроса устройство начинает поиск тэга в VFD и возвращает полный путь (в случае если тэг найден),

включая сетевой адрес, номер VFD, номер VCR и номер в «словаре объектов». После первичного изучения полного пути устройства хост может обращаться к данным по тэгу.

Описание устройства

Устройство поставляется с тремя файлами:

- два файла описания устройства (Device Description File);
- один файл описания возможностей устройства (Capability File).

Критически важная характеристика для устройств Foundation Fieldbus – совместимость. Для достижения совместимости, в дополнение к стандартным функциональным блокам и описанию поведения, используется технология описания устройства (Device Description – DD).

DD предоставляет расширенное описание каждого объекта, содержащегося в виртуальном полевом устройстве. Эта информация необходима для систем управления или хоста для возможности работы с данными, которые содержит VFD. То есть файл DD представляет собой «драйвер» устройства.

Файл описания возможностей устройства предоставляет хосту информацию о том, какие функциональные блоки и прочие ресурсы доступны устройству. Таким образом, хост «уверен» какой функционал поддерживается устройством, а какой нет.

Заключение

Технология Foundation Fieldbus обладает высоким уровнем совместимости. Помимо этого, с помощью улучшенных средств уровня пользовательских приложений, позволяет перенести часть функций управления на полевые устройства, а также реализовывать множество функций, таких как синхронизация времени, поиск по тэгу и т.д., которые не поддерживаются другими распространенными протоколами полевой шины. Все это делает технологию Foundation Fieldbus наиболее перспективной и прогрессивной для современных проектов интеграции полевых устройств в АСУ ТП.