

SIEMENS

Сети

SIMATIC NET

PROFIBUS-DP

Руководство

Оглавление

Основы PROFIBUS

Типы приборов и обмен
данными в PROFIBUS-DP

PROFIBUS-DP в системе
SIMATIC S7

Программирование и
проектирование PROFIBUS-DP с
помощью STEP 7

Пользовательское
программирование DP-

Пример пользовательского
обмена данными с помощью
PROFIBUS-DP

Функции диагностики для
PROFIBUS-DP

1

2

3

4

5

6

7

Указания по технике безопасности

Данное руководство содержит указания, которые вы должны соблюдать для обеспечения собственной безопасности, а также защиты от повреждений продукта и связанного с ним оборудования. Эти замечания выделены предупреждающим треугольником и представлены, в соответствии с уровнем опасности следующим образом:



Опасность

указывает, что если не будут приняты надлежащие меры предосторожности, то это **приведет** к гибели людей, тяжким телесным повреждениям или существенному имущественному ущербу.



Предупреждение

указывает, что при отсутствии надлежащих мер предосторожности это **может привести** к гибели людей, тяжким телесным повреждениям или к существенному имущественному ущербу.



Осторожно

указывает, что возможны легкие телесные повреждения и нанесение небольшого имущественного ущерба при непринятии надлежащих мер предосторожности.

Осторожно

указывает, что возможно повреждение имущества, если не будут приняты надлежащие меры безопасности.

Замечание

привлекает ваше внимание к особо важной информации о продукте, обращении с ним или к соответствующей части документации.

Квалифицированный персонал

К монтажу и работе на этом оборудовании должен допускаться только **квалифицированный персонал**. Квалифицированный персонал – это люди, которые имеют право вводить в действие, заземлять и маркировать электрические цепи, оборудование и системы в соответствии со стандартами техники безопасности.

Надлежащее использование

Примите во внимание следующее:



Предупреждение

Это устройство и его компоненты могут использоваться только для целей, описанных в каталоге или технической документации, и в соединении только с теми устройствами или компонентами других производителей, которые были одобрены или рекомендованы фирмой Siemens.

Этот продукт может правильно и надежно функционировать только в том случае, если он правильно транспортируется, хранится, устанавливается и монтируется, а также эксплуатируется и обслуживается в соответствии с рекомендациями.

Товарные знаки

SIMATIC®, SIMATIC HMI® и SIMATIC NET® - это зарегистрированные товарные знаки SIEMENS AG.

Некоторые другие обозначения, использованные в этих документах, также являются зарегистрированными товарными знаками; права собственности могут быть нарушены, если они используются третьей стороной для своих собственных целей.

Copyright © Siemens AG 2001 Все права защищены

Воспроизведение, передача или использование этого документа или его содержания не разрешаются без специального письменного разрешения. Нарушители будут нести ответственность за нанесенный ущерб. Все права, включая права, вытекающие из патента или регистрации практической модели или конструкции, сохраняются.

Siemens AG
Департамент автоматизации и приводов
Промышленные системы автоматизации
Пля 4848, D- 90327, Нюрнберг

Отказ от ответственности

Мы проверили содержание этого руководства на соответствие с описанным аппаратным и программным обеспечением. Так как отклонения не могут быть полностью исключены, то мы не можем гарантировать полного соответствия. Однако данные, приведенные в этом руководстве, регулярно пересматриваются, и все необходимые исправления вносятся в последующие издания. Мы будем благодарны за предложения по улучшению содержания.

©Siemens AG 2001
Technical data subject to change.

Содержание

Глава 1. Основы PROFIBUS

1.1 Модель ISO/OSI	1
1.2 Архитектура протоколов и профили	2
1.2.1 PROFIBUS-DP	2
1.2.2 PROFIBUS-FMS	2
1.2.3 PROFIBUS-PA	3
1.3 Уровни PROFIBUS	3
1.3.1 Физический уровень (Layer 1) для DP/FMS (RS485)	3
1.3.2 Физический уровень (Layer 1) для DP/FMS (световоды)	7
1.3.3 Физический уровень (Layer 1) для PA	9
1.3.4 Fieldbus Data Link (Layer 2)	11
1.3.5 Прикладной уровень (Layer 7)	13
1.4 Топология шины	14
1.4.1 RS485-техника	14
1.4.2 Техника IEC 1158-2 (PROFIBUS-PA)	19
1.5 Управление доступом к шине в PROFIBUS	19
1.5.1 Метод обмена маркером	20
1.5.2 Метод Master-Slave	21
1.6 Шинные параметры	23

Глава 2 Типы приборов и обмен данными в PROFIBUS-DP

2.1 Типы приборов	1
2.1.1 DP-Master (класс 1)	1
2.1.2 DP-Slave	3
2.1.3 DP-Master (класс 2)	4
2.1.4 Комбинированные приборы DP	4
2.2 Обмен данными между типами DP-приборов	4
2.2.1 DP-коммуникационные связи и DP-обмен данными	4
2.2.2 Фаза инициализации, перезапуск и движение пользовательских данных	5
2.3 Цикл PROFIBUS-DP	9
2.3.1 Структура циклов PROFIBUS	9
2.3.2 Структура постоянного по времени PROFIBUS-DP цикла	10
2.4 Обмен данными через перекрестную связь	11
2.4.1 Коммуникационная связь Master-Slave при перекрестной связи	12
2.4.2 Коммуникационная связь Slave - Slave при перекрестной связи	12
2.5 Функциональное расширение DPV1	13

Глава 3. PROFIBUS-DP в системе SIMATIC S7

3.1 DP-интерфейсы в системах SIMATIC S7	1
3.2 Расширенные коммуникационные возможности	5
3.2.1 S7-функции	5
3.2.2 FDL-служба (SEND/RECEIVE)	6
3.3 Системные свойства DP-интерфейса в SIMATIC S7	6
3.3.1 Свойства запуска интерфейса DP-Master в SIMATIC S7	6
3.3.2 Выход из строя станции DP-Slave	6
3.3.3 Сигнал (Alarm) при удалении/вставке модуля	7
3.3.4 Диагностические сигналы от станций DP-Slave	7

3.3.5	Сигналы от процесса у станций DP-Slave.....	7
3.3.6	Сигнал состояния (Statusalarm) от DP-Slave'a.....	8
3.3.7	Сигнал модернизации (Update-alarm) от DP-Slave'a.....	8
3.3.8	Специфический для производителя сигнал от DP-Slave'a.....	8
3.4	Варианты DP-Slave'ов в системе SIMATIC S7	8
3.4.1	Компактные DP-Slave'ы	9
3.4.2	Модульные DP-Slave'ы	9
3.4.3	Интеллектуальные DP-Slave'ы (I-Slave'ы)	9

Глава 4. Программирование и проектирование PROFIBUS-DP с помощью STEP 7

4.1	Основы STEP 7	2
4.1.1	Объекты STEP 7	2
4.1.2	Проект STEP 7	2
4.2	Пример проекта с PROFIBUS-DP	3
4.2.1	Создание проекта STEP 7	3
4.2.2	Вставка объекта в проект STEP 7	4
4.2.3	Установки сети PROFIBUS	4
4.2.4	Проектирование аппаратной конфигурации с помощью HW-Config	11
4.2.5	Проектирование DP-Slave'ов	12
4.3	Использование коммуникационных процессоров CP 443-5 Ext и CP 342-5	20

Глава 5. Пользовательское программирование DP-интерфейса

5.1	Основы пользовательского DP-интерфейса	1
5.1.1	Организационные блоки	1
5.1.2	Основные системные функции для PROFIBUS-DP	2
5.2	Организационные блоки	7
5.2.1	Циклическая обработка главной программы (OB1)	7
5.2.2	Сигналы от процесса (OB40 – OB47)	7
5.2.3	Диагностические сигналы (OB82)	7
5.2.4	Сигналы снятия и установки модуля (OB83)	8
5.2.5	Ошибки выполнения программы (OB85)	11
5.2.6	Выход из строя носителей модуля (OB86)	12
5.2.7	Ошибка доступа к периферии	15
5.3	Функции для обмена DP-пользовательскими данными и функции для сигналов от процесса	16
5.3.1	Обмен консистентными DP-данными с помощью SFC14 DPRD_DAT и SFC15 DPWR_DAT	16
5.3.2	Управляющие команды SYNC и FREEZE с помощью функции SFC11 DPSYC_FR	18
5.3.3	Запуск сигнала от процесса на DP-Master'е с помощью SFC7 DP_PRAL ..	22
5.4	Диагностика DP с помощью SFC	23
5.4.1	Чтение стандартных диагностических данных DP-Slave с помощью SFC13 DPNRM_DG	23
5.4.2	Важный для распределенной периферии список состояний системы (SZL – нем., SSL – англ.)	25
5.4.3	Структура подписка SZL	25
5.4.4	Чтение подписка SZL с помощью SFC51 RDSYSST	25
5.4.5	Имеющиеся в распоряжение SZL-подписки	28

5.4.6	Особенности SFC 51 RDSYSST	29
5.5	Запись и чтение записей данных/параметров	29
5.5.1	Запись динамических параметров с помощью SFC55 WR_PARM	29
5.5.2	Запись предварительно определенных записей данных/параметров Из SDB с помощью SFC56 WR_DPARM	32
5.5.3	Запись всех предопределенных записей данных/параметров из SDB с помощью SFC57 PARM_MOD	33
5.5.4	Запись наборов данных/параметров с помощью SFC58 WR-REC	34
5.5.5	Чтение записи данных с помощью SFC59 RD_REC	37

Глава 6. Пример пользовательского обмена данными с помощью PROFIBUS-DP

6.1	Обмен данными с помощью команд доступа к периферии	1
6.2	Обмен консистентными данными с помощью SFC14 DPRD_DAT и SFC15 DPWR_DAT	3
6.2.1	Пользовательская программа для I-Slave (S7-300 с CPU315-2DP)	4
6.2.2	Пользовательская программа для DP-Master'a (S7-400 с CPU416-2DP)	6
6.3	Сигнал от процесса с помощью S7-300 как I-Slave: создание и обработка	7
6.3.1	Генерирование сигнала от процесса	7
6.3.2	Обработка сигнала от процесса с помощью S7-400 как DP-Master'a	8
6.3.3	Тестирование обработки сигнала от процесса в DP-Master'e	9
6.4	Передача записей (наборов) данных и параметров	10
6.4.1	Структура наборов данных (DS1) для аналоговых модулей SIMATIC S7-300	11
6.4.2	Пример применения: параметрирование аналогового входного модуля с помощью SFC55 WR_PARM	13
6.4.3	Тестирование перепараметрирования аналогового модуля с помощью SFC55 WR_PARM	15
6.4.4	Перепараметрирование аналогового входного модуля с помощью SFC56 WR_DPARM	15
6.4.5	Тестирование перепараметрирования аналогового модуля с помощью SFC56 WR_DPARM	16
6.5	Вызов (запуск) управляющих функций SYNC/FREEZE	16
6.5.1	Пример применения команд SYNC/FREEZE с DP-Master'ом IM467	18
6.5.2	Создание пользовательской программы для функций SYNC-/FREEZE	22
6.6	Обмен данными с помощью перекрестной связи	25
6.7	Обмен данными с помощью коммуникационного процессора CP342-5	33
6.7.1	CP342-5 как DP-Master	33
6.7.2	CP342-5 как DP-Slave	35
6.7.3	CP342-5 как активный DP-Slave	37

Глава 7. Функции диагностики для PROFIBUS-DP

7.1	Диагностика с помощью индикаторов SIMATIC S7 CPU, интерфейсов DP-Master и DP-Slave	1
7.1.1	Индикаторы S7-300	2
7.1.2	Индикаторы CPU S7-400 с DP-интерфейсом	4
7.2	Диагностика с помощью online-функций STEP 7	7
7.2.1	Функция Accessible Nodes в SIMATIC Manager	7
7.2.2	ONLINE-функции в SIMATIC Manager	10

7.2.3	Диагностика с помощью функции Module Information	11
7.2.4	Диагностика с помощью функции Diagnosing Hardware	17
7.3	Диагностика через программу пользователя	19
7.3.1	Диагностика DP-Slave с помощью SFC13 DPNRM_DG	19
7.3.2	Диагностика с помощью SFC51 RDSYSST в OB82	22
7.4	Диагностика с помощью диагностического блока FB125 в S7-пользовательской программе	24
7.4.1	Блок диагностики FB125	24
7.4.2	Области применения FB125	25
7.4.3	Вызов блока диагностики DP FB125 в S7-пользовательской программе	25
7.4.4	Параметры блока диагностики DP FB125 и их значение	26
7.4.5	Описание экземпляра блока данных	30
7.4.6	Технические данные FB125	31
7.4.7	Применение FB125	31
7.5	Диагностика с помощью NCM	32

1. Основы PROFIBUS (PROcess FIeld BUS)

Введение

По сравнению с обычной реализацией структур автоматизации, уже на первый взгляд видны преимущества применения последовательной полевой шины. Экономия средств здесь образуется благодаря меньшей стоимости кабеля (кабель имеет меньшую длину) и применению полевых приборов. Это возможно, однако, только при стандартизированной и открытой полевой шине.

В 1987 году для немецкой промышленности был разработан и принят стандарт DIN E 19245 PROFIBUS. В 1996 году этот стандарт стал международной нормой EN 50170.

1.1 Модель ISO/OSI

Архитектура протоколов PROFIBUS ориентирована на уже установленные национальные и международные нормы. Так, архитектура протоколов базируется на модели OSI (Open System Interconnection).

На рис.1.1 изображена модель ISO/OSI для коммуникационных стандартов, состоящая из 7 уровней, подразделяющихся на два класса:

- ориентированных на пользователя с уровня 5 по уровень 7;
- ориентированных на сеть (уровни 1-4).

Уровни с 1 по 4 описывают пересылку передаваемых данных из одного пункта в другой, в то время как уровни с 5 по 7 предоставляют в распоряжение пользователя доступ к сети в соответствующей форме.

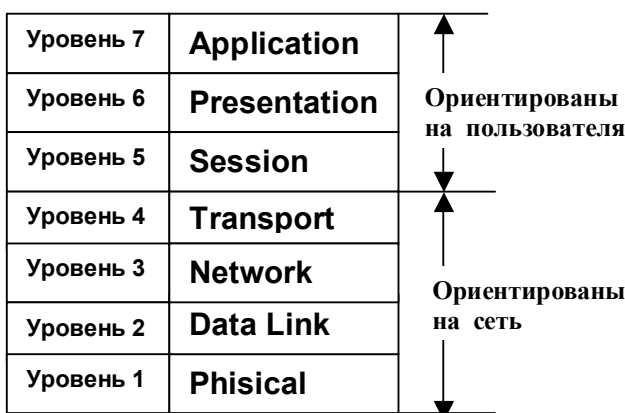


Рис. 1.1 Модель ISO/OSI для стандартов

1.2 Архитектура протоколов и профили

Из рис.1.2, представляющего архитектуру протоколов PROFIBUS, можно видеть, что в ней реализованы уровни 1,2 и 7. Для уровней 1 и 2 принят стандарт США EIA (Electronic Industries Association) RS485, международные нормы IEC 870-5-1 (Telecontrol Equipment and System) и EN 60870-5-1. Метод доступа к сети, службы передачи и управления данными ориентируются на DIN 19241, части 1-3 и нормы IEC 955 Process Data Highway/Тип С. Функции управления (FMA7) ориентированы на ISO DIS 7498-4 (Management Framework). С точки зрения пользователя PROFIBUS подразделяется на 3 профиля протокола: DP, FMS и PA.

	PNO-профиль для DP-устройств	PNO-профиль для FMS-устройств	PNO-профиль для DP-устройств
	Основные функции Расширенные функции		Основные функции Расширенные функции
	DP User Interface Direct Data Link Mapper (DDLМ)	Application Layer Interface (ALI)	DP User Interface Direct Data Link Mapper (DDLМ)
Layer 7 (Application)	↑ ↓	Application-Layer Fieldbus Message Specification (FMS)	↑ ↓
Layer 3-6		Н Е И С П О Л Ь З У Ю Т С Я	
Layer 2 (Link)	Data Link Layer Fieldbus Data Link (FDL)	Data Link Layer Fieldbus Data Link (FDL)	IEC-Interface
Layer 1 (Phisik)	Phisical-Layer (RS485/LWL)	Phisical-Layer (RS485/LWL)	IEC 1158-2

Рис. 1.2 Архитектура протоколов PROFIBUS

1.2.1 PROFIBUS-DP

PROFIBUS-DP применяет уровни 1 и 2, а также пользовательский интерфейс. Уровни с 3 по 7 не используются. Благодаря такой архитектуре достигается быстрая передача данных. Direct Data Link Mapper (DDLМ) организует доступ к уровню 2. В основу пользовательского интерфейса положены необходимые пользовательские функции, а также системные и аппаратно-зависимые функции различных типов PROFIBUS-DP-приборов.

Этот профиль протокола PROFIBUS оптимизирован для быстрого обмена данными специально для коммуникаций между системами автоматизации и децентрализованной периферией на полевом уровне.

1.2.2 PROFIBUS-FMS

В PROFIBUS-FMS применяются уровни 1,2 и 7. Пользовательский уровень состоит из FMS (Fieldbus Message Specification) и LLI (Lower Layer Interface).

FMS содержит пользовательский протокол и предоставляет в распоряжение коммуникационные службы.

LLI реализует различные коммуникационные связи и создает для FMS аппаратно-независимый доступ к уровню 2.

FMS применяется для обмена данными на уровне ячеек (PLC и PC). Мощные FMS-сервисы открывают широкие области использования и большую гибкость при передаче больших объемов данных.

PROFIBUS-DP и PROFIBUS-FMS применяют одинаковую технику передачи и единый протокол доступа к шине и поэтому могут работать через общий кабель.

1.2.3 PROFIBUS-PA

PROFIBUS-PA применяет расширенный PROFIBUS-DP-протокол передачи данных. Техника передачи согласно IEC 1158-2 обеспечивает надежность и питание полевых приборов через шину. Приборы PROFIBUS-PA могут благодаря применению специальных устройств (PROFIBUS-PA-Links) в простейшем случае интегрироваться в PROFIBUS-DP-сеть.

PROFIBUS-PA – специальная концепция, позволяющая подключать к общей шине датчики и приводы, находящиеся во взрывоопасной зоне.

1.3 Уровни PROFIBUS

1.3.1 Физический уровень (Layer 1) для DP/FMS (RS485)

В основной версии для экранированной витой пары уровню 1 PROFIBUS соответствует симметричная передача данных по стандарту EIA RS485 (также обозначается H2). Проводники шинных сегментов замкнуты с обеих сторон, скручены и экранированы (см. рис. 1.3)

Способ передачи

Для PROFIBUS назначен способ передачи RS485, базирующийся на полудуплексной, асинхронной синхронизации. Данные передаются внутри 11-разрядного кадра (рис. 1.4) в NRZ-коде (Non Return to Zero). Значения сигнала (биты) не изменяются во время передачи сигнала.

В то время, как передача бинарного значения “1” соответствует положительному значению на проводнике RxD/TxD-P (Receive/Transmit-Data-P), напротив, на проводнике RxD/TxD-N (Receive/Transmit-Data-N) присутствует “0”. Состоянию

покоя между отдельными телеграммами соответствует двоичный сигнал “1” (рис.1.5).

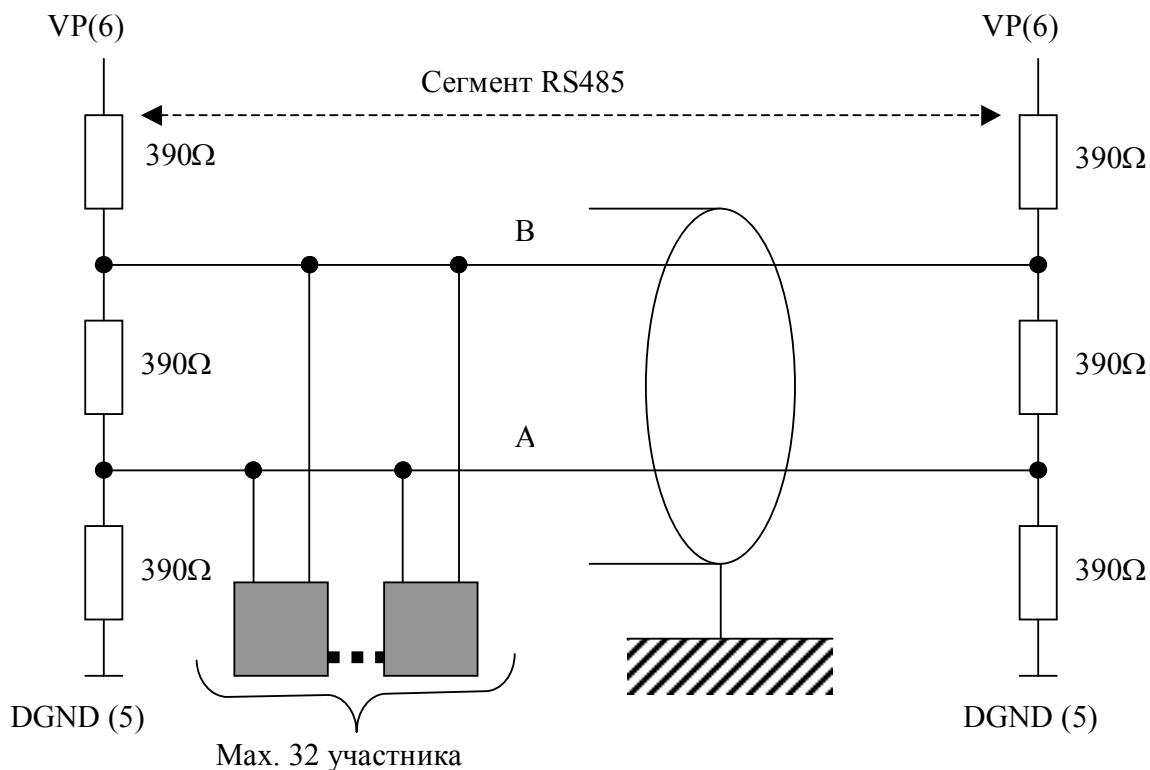
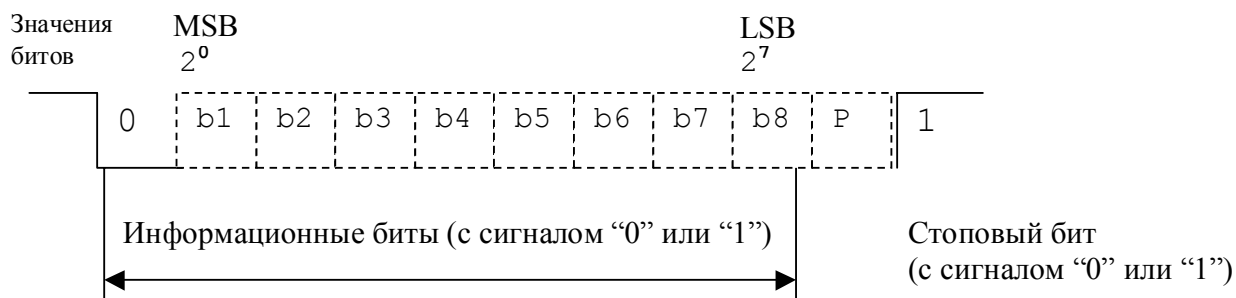


Рис. 1.3 Структура шинного сегмента RS485



LSB Least Signification Bit (младший бит)
 MSB Most Signification Bit (старший бит)

Рис. 1.4 PROFIBUS UART-кадр

В литературе часто также оба проводника PROFIBUS обозначают как А-проводник и В-проводник. При этом А-проводник соответствует RxD/TxD-N, а В-проводник - RxD/TxD-P.

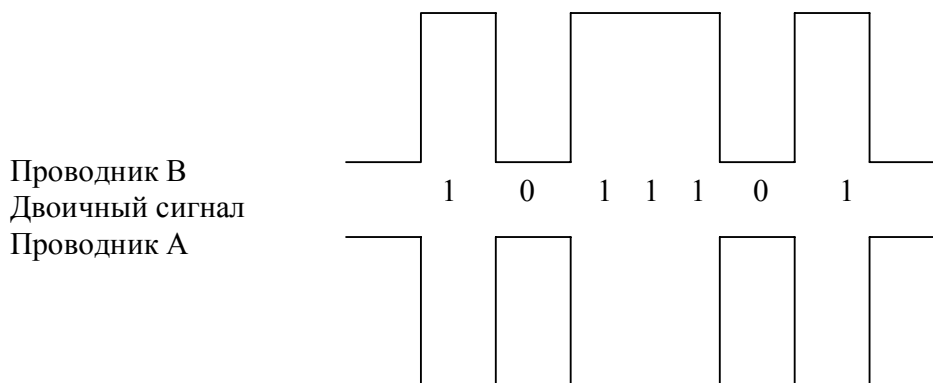


Рис. 1.5 Структура сигнала при передаче NRZ- кодом

Шина

В табл. 1.1 приведена максимально допустимая длина провода (длина сегмента) системы PROFIBUS. Эта длина зависит от скорости передачи. Внутри сегмента может быть до 32 участников.

Табл. 1.1. Максимальная длина сегмента в зависимости от скорости

Скорость передачи (kBit/s)	9,6-187,5	500	1500	12000
Длина сегмента (m)	1000	400	200	100

Данные о максимальной длине сегмента в табл.1.1 взяты из норм PROFIBUS. В табл.1.2 приведены параметры кабеля типа А:

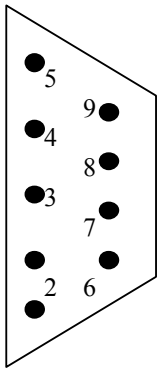
Табл.1.2. Спецификации PROFIBUS-кабеля типа А

Волновое сопротивление	От 135 до 165 Ом при частотах измерения от 3 до 20 МГц
Погонная емкость	< 30пF/m
Площадь сечения	> 0,34 мм ² , соотв. AWG22
Тип кабеля	Витая пара, 1x2 или 2x2 или 1x4 провода
Погонное сопротивление	< 110 Ом/km
Затухание сигнала	Max 9dB на всей длине отрезка провода
Экранирование	Медная оплетка или оплетка и экран из фольги

Подключение шины

В качестве стандарта для подключения участников к шине в нормах PROFIBUS EN 50170 рекомендуется 9-и штырьковый штекер, который изображен в табл.1.3. У каждого участника есть такой разъем с бухтовыми контактами, шинный кабель имеет разъем со штырьковыми контактами

Табл.1.3 Расположение контактов

Вид	Pin-№	Название сигнала	Обозначение
	1	SHIELD	Экран, напр., земля
	2	M24	-24v
	3	RxD/TxD-P	Прием/передача данных, плюс, провод В
	4	CNTR-P	Сигнал для управления направлением передачи, плюс.
	5	DGND	Данные
	6	VP	Напряжение питания, плюс
	7	P24	+24v
	8	RxD/TxD-N	Прием/передача данных, минус, провод А
	9	CNTR-N	Сигнал для управления направлением передачи, минус.

Окончание шины

Шинные провода данных с обеих сторон замкнуты на согласованные нагрузки (см. рис.1.3). Благодаря этим сопротивлениям устанавливается безопасный потенциал покоя на проводах шины, когда участники не обмениваются сообщениями (потенциал покоя между телеграммами). Шинные нагрузки имеются почти во всех стандартных разъемах PROFIBUS и могут быть активизированы с помощью переключателей.

Если используется шина со скоростью передачи более 1500 kBit/s, то нужно на основании потребляемой мощности подключенных участников и отраженной мощности использовать шинный штекер с дополнительной индуктивностью.

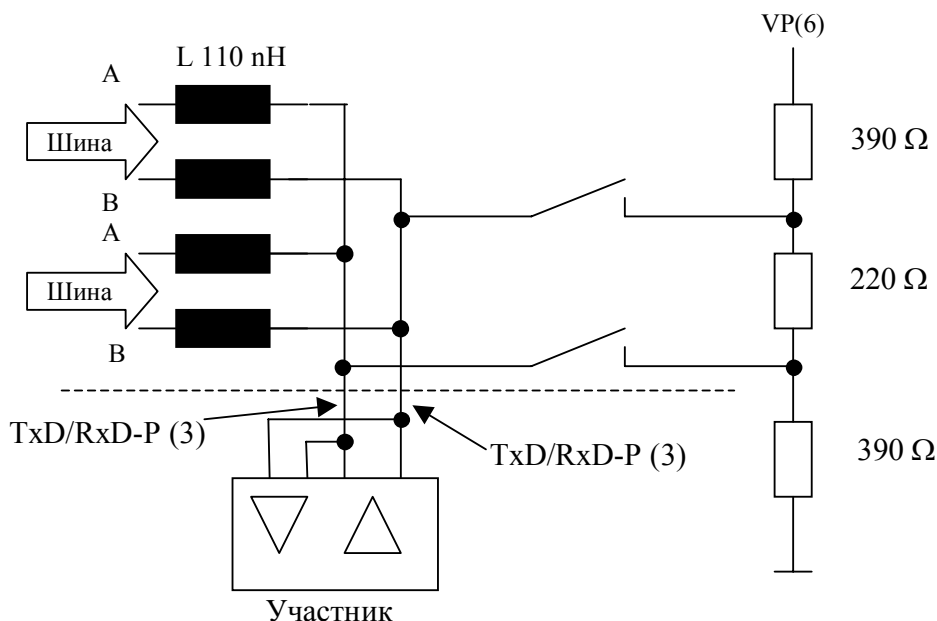


Рис. 1.6 Схема шинного штекера для скорости передачи более 1500 кБит/с

1.3.2 Физический уровень (Layer 1) для DP/FMS (световоды)

Дальнейшее использование уровня 1 PROFIBUS по норме PNO (Profibus Nutzer Organisation –нем.) “Техника оптической передачи для PROFIBUS”, версия 1.1 от 07.1993г. – это передача данных с помощью световодов. Благодаря оптоволокну внутри установки PROFIBUS между участниками может быть достигнуто расстояние до 15 km. Световодная техника устойчива к электромагнитным помехам и устанавливает безопасную разность потенциалов между участниками. Благодаря простой технике подключения световодов, специальным пластиковым световодам, эта техника пришла на полевой уровень.

Среда передачи

В качестве среды передачи используются световоды со стеклянными или пластиковыми волокнами. В зависимости от используемого типа проводника длина связи может быть до 15 km при стеклянных световодах и до 80 m при пластиковых.

Подключение шины

Для подключения участников к световоду имеется различная техника (различные модули)

- *Модули OLM (Optical Link Module)*. Похож на репитер RS-485. Имеет два функционально разделенных электрических канала и выходы для одного или двух оптических каналов. Модули OLM соединяются с отдельными участниками или сегментами шины через интерфейс RS-485 (см. рис.1.7).

- *Модули OLP (Optic Link Plug)*. С помощью модулей OLP можно соединять друг с другом оптическим волокном пассивных участников (Slave). Модули OLP подключаются прямо на 9-и штырьковый штекер участника. OLP получает энергию от участника и поэтому не нуждается в напряжении питания. Как видно из рис.1.8, для подключения активных участников шины (Master) к OLP-кольцу всегда используется OLM.
- *Интегрированное LWL-подключение (Licht Wellen Leiter – нем.)*. Прямое подключение участников PROFIBUS к световоду. Возможно у приборов со встроенным LWL-вводом.

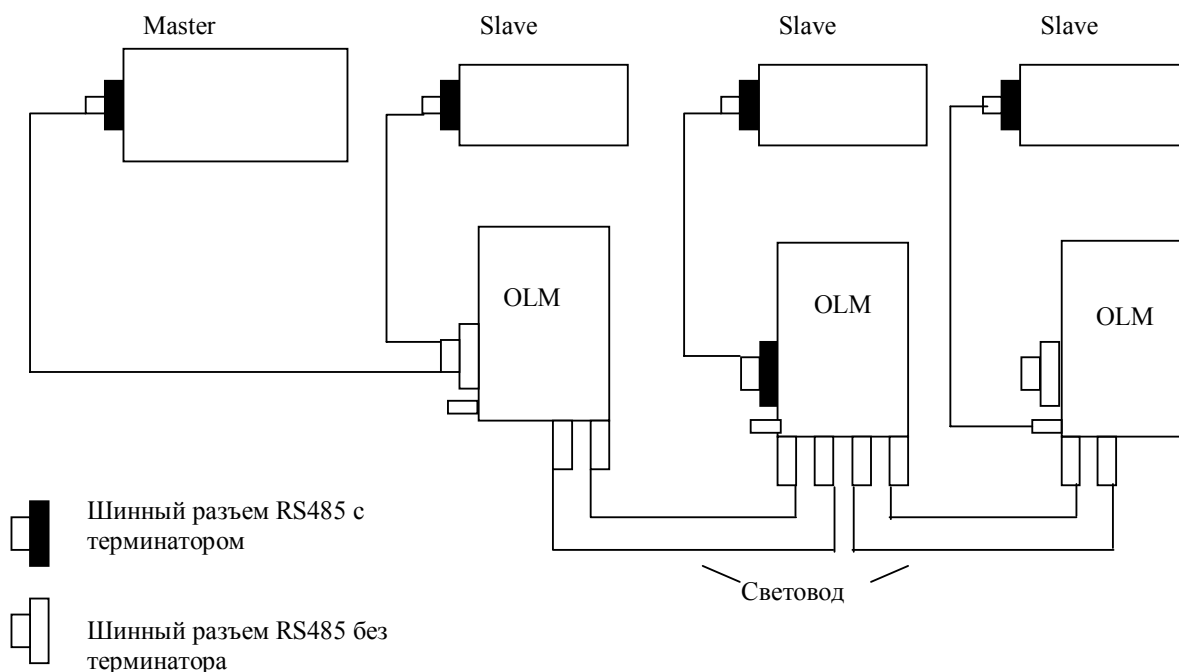


Рис 1.7 Пример шинной конфигурации с OLM-техникой

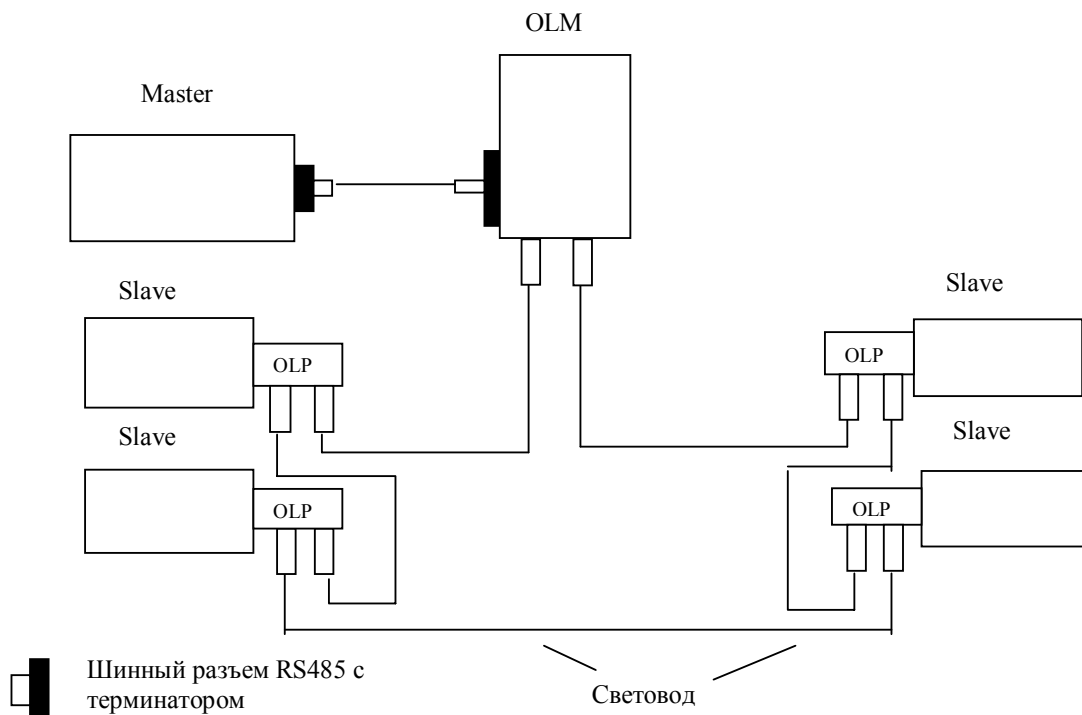


Рис 1.8 Оптическое однопроводное кольцо с OLM-технологией

1.3.3 Физический уровень (Layer 1) для PA

В PROFIBUS-PA используется передающая техника по IEC 1158-2. Эта техника позволяет достигнуть электробезопасности и питания полевых приборов прямо через шину. Для передачи данных используется бит-синхронизированный, с манчестерским кодом протокол передачи без постоянной составляющей (обозначается также как H1). При передаче данных с помощью манчестерского кода бинарный "0" передается как смена фронта с 0 на 1, а бинарный "1" – как смена фронта с 1 на 0. Данные передаются с помощью модуляции +/-9mA основного тока шинной системы I_B (рис.1.9).

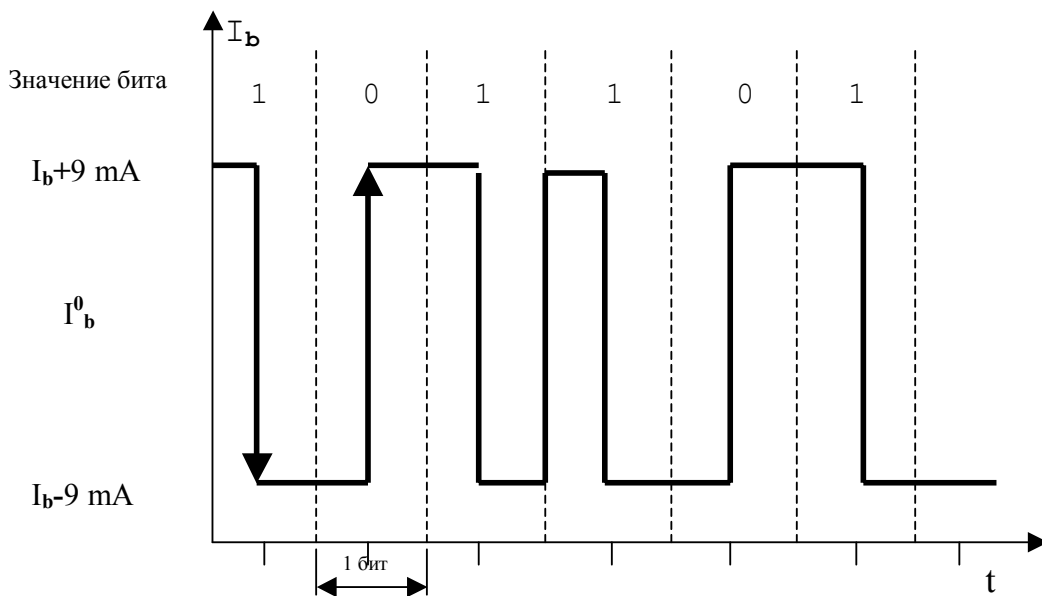


Рис. 1.9 Передача данных в PROFIBUS-PA с помощью модуляции тока (Манчестерский код II)

Скорость передачи составляет 31,25 кбит/с. В качестве среды передачи используется витой экранированный или неэкранированный провод. Шина, как это видно из рис. 1.10, состоит из сегментов, к которым подключены участники, сегменты замкнуты на RC-цепочки. К сегменту шины PA может быть подключено максимум 32 участника. Максимальная длина сегмента сильно зависит от применяемого источника питания, типа провода и потребления тока подключенными участниками.

Шинный провод

В качестве среды передачи для PROFIBUS-PA применяется 2-жильный кабель, технические данные которого не установлены/не нормированы. Свойства типов кабелей определяют максимальную длину шины, число подключаемых участников и чувствительность к электромагнитным шумам. На основании этого установлены для стандартных типов кабелей электрические и механические свойства.

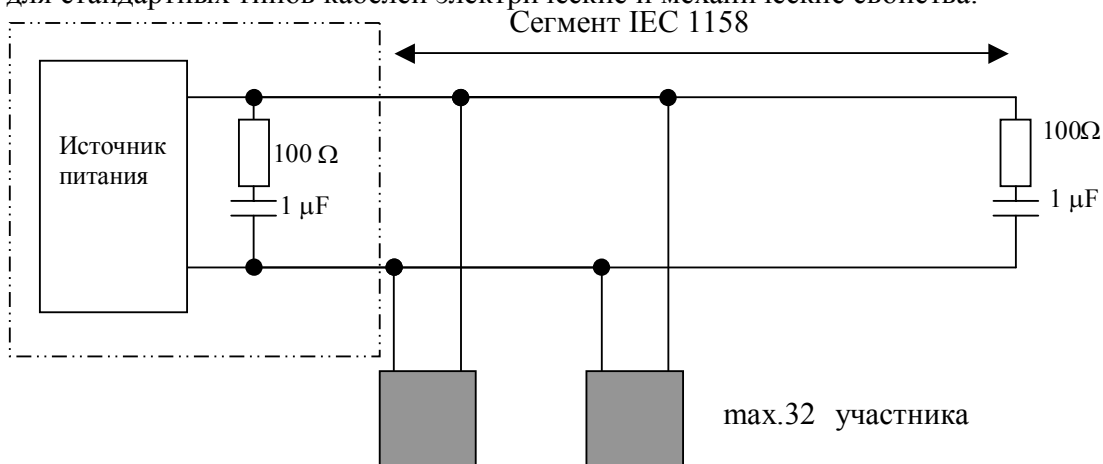


Рис. 1.10 Структура шинного сегмента PA

В DIN 61158-2 предложены для применения стандартные кабели для PROFIBUS-PA, называемые типами A...D.

Табл. 1.4 Предлагаемые типы кабеля для PROFIBUS-PA

	Тип А (основной)	Тип В	Тип С	Тип D
Структура кабеля	Витой, двухжильный, экранированный	Одна или несколько витых пар, экранир.	Несколько витых пар, неэкранир.	Несколько невитых пар, неэкранир.
Площадь сечения (номинальная)	0,8 мм ² (AWG18)	0,32 мм ² (AWG22)	0,13 мм ² (AWG26)	1,26 мм ² (AWG16)
Погонное сопротивление (пост. ток)	44 Ω/km	112 Ω/km	264 Ω/km	40 Ω/km
Волновое сопротивление при 31,25 kHz	100Ω±20%	100Ω±30%	**	**
Затухание при 39 kHz	3dB/km	5dB/km	8dB/km	8dB/km
Емкостное рассогласование	2nF/km	2nF/km	**	**
Групповое время запаздывания (7,9...39 kHz)	1,7μs/km	**	**	**
Степень экранирования	90%	**	-	-
Рекомендуемая длина сети, включая ¼-волновые согласующие шлейфы	1900 m	1200 m	400 m	200 m

1.3.4 Fieldbus Data Link (Layer 2)

Согласно модели OSI на втором уровне реализуются функции управления доступом к шине (раздел 1.2), обеспечение безопасности данных, а также выполнение протокола передачи и формирование телеграмм. Уровень 2 обозначается в PROFIBUS как FDL-уровень (Fieldbus Data Link).

Формат телеграммы уровня 2 (рис.1.11) способствует большей безопасности передачи. Вызывающая телеграмма имеет расстояние Хемминга HD (Hamming Distance) = 4. При HD = 4 может быть распознано до 3-х одновременных ошибок в фальсифицированных битах телеграммы данных. Это достигается благодаря применению особых стартового и завершающего знаков телеграммы, постоянно скользящей синхронизации, биту четности и контрольному байту.

При этом могут быть распознаны следующие ошибки:

- Ошибка символического формата (четность, переполнение, ошибка фрейма)
- Ошибки протокола
- Ошибки разделителей начала и окончания
- Ошибки байта проверки фрейма
- Ошибки длины телеграммы

Телеграмма, у которой распознана ошибка, повторяется по крайней мере, один раз. Имеется возможность повторять телеграммы, проходящие по уровню 2 до 8 раз (шинный параметр “Retry”). Уровень 2 может осуществлять наряду с передачей данных “точка к точке”, также коммуникации во многие точки – Broadcast и Multicast.

При коммуникациях Broadcast активный участник посылает сообщение всем остальным участникам (Master’ам и Slave’ам). Прием данных не квитируется.

При коммуникациях Multicast активный участник посылает сообщение группе участников (Master’ам и Slave’ам). Прием данных не квитируется.

Службы, предлагаемые уровнем 2, приведены в табл. 1.5.

Табл. 1.5 Службы передачи PROFIBUS

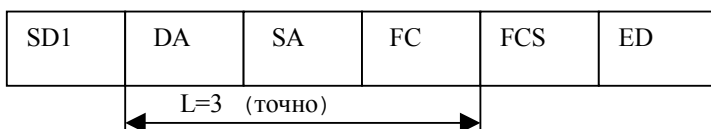
Служба	Функции	DP	PA	FMS
SDA	Посылка данных с квитиowaniem			x
SRD	Данные посылаются и принимаются с квитиowaniem	x	x	x
SDN	Данные посылаются без квитиования	x	x	x
CSRД	Циклическая посылка и прием с квитиowaniem			x

В PROFIBUS-DP и –PA применяется, соответственно, подмножество служб уровня 2. Так, например, PROFIBUS-DP использует только службы SRD и SDN.

Службы вызываются через точки доступа к службе, SAP (Service Access Point), уровня 2 из выше стоящего уровня. В PROFIBUS-FMS используются эти точки доступа для адресации логических коммуникационных связей. В PROFIBUS-DP и –PA применяемые точки доступа строго упорядочены. У всех активных и пассивных участников можно использовать параллельно несколько точек доступа.

Различаются точки доступа источника SSAP (Source Service Access Point) и точки доступа цели DSAP (Destination Service Access Point).

Формат с постоянной длиной информационного поля



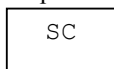
Формат с постоянной длиной информационного блока с данными



Формат с переменной длиной информационного блока



Короткое квитиование



Телеграмма-токен (маркер)



- L** длина информационного поля
- SC (Single Character)** отдельный символ, используется только для квитиования (SC=E5h)
- SD1-SD4 (Start Delimiter)** стартовый байт для отличия различных форматов телеграмм (SD1=10h, SD2=68h, SD3=A2h, SD4=DCh)
- LE / LEr (LEngth)** байт длины, указывает длину информационных полей у телеграмм с переменной длиной
- DA (Destination Adress)** байт адреса цели, содержит информацию о приемнике
- SA (Source Adress)** байт адреса источника, содержит информацию о передатчике
- FC (Frame Control)** контрольный байт содержит информацию о службе для данного сообщения и приоритет сообщения
- Data Unit** поле данных, может также содержать возможные расширения адреса телеграммы пользовательских данных
- FCS (Frame Check Sequence)** проверочный байт, содержит контрольную сумму телеграммы, которая образуется операцией “И” без бита переполнения
- ED (End Delimiter)** окончательный байт, указывает на конец телеграммы (ED=16h)

Рис. 1.11 Формат PROFIBUS-телеграмм

1.3.5 Прикладной уровень (Layer 7)

Уровень 7 модели ISO/OSI представляет в распоряжение пользователя полезные коммуникационные службы. Этот пользовательский уровень состоит в PROFIBUS из FMS (Fieldbus Message Spesification) и LLI (Lower Layer Interface) слоев.

Профиль FMS

Коммуникационные службы FMS соответствуют функциям прибора, т.е. в FMS-профилях PNO определен необходимый объем функций для конкретных требований. Эти FMS-профили устанавливают, что приборы различных производителей имеют одни и те же коммуникационные функции.

Для FMS определены следующие профили:

Коммуникации между контроллерами (3.002)

Этот коммуникационный профиль устанавливает, какие FMS-службы применяются для коммуникаций между PLC. При помощи точно определенных классов контроллеров, установлены службы, параметры и типы данных, которые каждый PLC должен поддерживать.

Профиль для автоматизации зданий (3.011)

Этот профиль – отраслевой (специализированный) профиль и основа для многих открытых стандартов в автоматизации зданий. Описывает, как осуществляется обмен, управление, регулирование, обслуживание, обработка и архивирование сигналов (Alarm) в системах автоматизации зданий через FMS.

Коммутационные низковольтные приборы (3.032)

Этот профиль – отраслевой пользовательский FMS-профиль. Он определяет пользовательский образ действий низковольтных коммутационных приборов при коммуникациях через FMS.

Пользовательский интерфейс DP и DP-профили

PROFIBUS-DP применяет уровни 1 и 2. Через пользовательский интерфейс становятся доступными необходимые пользовательские функции, а также системные и аппаратные действия различных типов устройств PROFIBUS-DP.

Протокол PROFIBUS-DP открыто определяет, как передаются между участниками пользовательские данные по шине. Оценка передаваемых по протоколу пользовательских данных не происходит. Благодаря точно установленным параметрам профиля, приборы разных производителей могут совершать обмен.

В настоящее время установлены следующие профили PROFIBUS-DP:

Профиль для NC/RC (3.052)

Профиль описывает, как происходит управление и обслуживание роботов через PROFIBUS-DP. На основании конкретной блок-схемы программы описывается движение и программное управление роботом.

Профиль для Encoder'a (преобразователя угол-код) (3.062)

Профиль описывает присоединение различных Encoder'ов к PROFIBUS-DP. Определены два аппаратных класса основных и дополнительных функций, как, например, масштабирование сигналов и расширенная диагностика.

Профиль для приводов с изменяемым числом оборотов (3.072)

Ведущие производители техники приводов разработали общий PROFIDRIVE-профиль. Профиль устанавливает, как приводы параметрируются и передают заданные и истинные значения. Благодаря этому становится возможным обмен данными приводов различных производителей.

Профиль содержит необходимые установки для вида работы регуляторов числа оборотов и позиционирования. Профиль устанавливает основные функции приводов и дает достаточное свободное пространство для специфических пользовательских расширений. Профиль содержит описание пользовательских функций DP или альтернативных функций FMS.

Профиль для управления и наблюдения, HMI (Human Machine Interface) (3.082)

Профиль устанавливает для приборов обслуживания и наблюдения (HMI) правила подключения этих приборов через PROFIBUS-DP к компонентам автоматизации. Профиль использует для коммуникаций расширенные функции PROFIBUS-DP.

Профиль для защищенной от ошибок передачи данных через PROFIBUS-DP (3.092)

В этом профиле устанавливаются дополнительные механизмы защиты данных для коммуникаций с защищенными от ошибок компонентами, как например, Not-AUS.

1.4 Топология шины

1.4.1 RS485-техника

Технологически система PROFIBUS состоит из нагруженной с двух сторон активной линии – шинной структуры, которая обозначается также, как сегмент шины RS-485. К шинному сегменту можно по стандарту RS-485 подключить до 32 RS-485 –участников. Каждый подключенный к шине участник, Master или Slave, представляет собой токовую нагрузку.

Повторитель (Repeater)

Если Вы должны подключить к системе PROFIBUS больше, чем 32 участника, то нужно использовать несколько шинных сегментов. Эти отдельные шинные сегменты, каждый максимум с 32-я участниками, должны быть соединены друг с другом через повторитель (усилитель мощности). Повторитель усиливает уровень передаваемого сигнала. Согласно EN 50170 не предусмотрена временная регенерация фазы бита во время передачи сигнала через повторитель. Из-за временных задержек и искажений двоичный сигнал может согласно EN 50170 проходить максимум три повторителя, которые работают как усилители мощности и включены последовательно. На практике, однако, повторитель-соединитель реализуется как восстановитель сигнала. Число повторителей, которые можно включить последовательно, таким образом зависит от его конструкции и изготовителя. Так, например, можно последовательно включить до 9 повторителей типа 6ES7 972-0AA00-0XA0 фирмы Siemens.

Максимальное удаление между двумя участниками шины зависит от скорости передачи. В табл. 1.6 даны значения для повторителя типа 6ES7 972-0AA00-0XA0.

Табл. 1.6 Максимально возможное расширение конфигурации PROFIBUS при включенных в ряд 9 повторителей в зависимости от скорости передачи

Скорость передачи (кБит/с)	9,6-187,5	500	1500	12000
Общая длина всех сегментов в метрах	10000	4000	2000	1000

Принципиальная схема, изображенная на рис. 1.12, поясняет свойства RS485-повторителя.

- Шинный сегмент 1, гнездо PG/PC и шинный сегмент 2 разделены друг от друга по потенциалам.
- Сигнал между шинным сегментом 1, гнездом PG/PC и шинным сегментом 2 усиливается.
- Повторитель имеет для шинных сегментов 1 и 2 подключаемое сопротивление.
- Благодаря разделителю – мосту M/PE повторитель может работать без заземления.

Только благодаря применению повторителя может быть достигнуто максимально возможное число участников в конфигурации PROFIBUS. Повторитель можно применять также для построения шинных структур типа “дерево” или ”звезда”. Также можно создать свободные от заземления структуры (разделение шинных сегментов друг от друга) с помощью повторителя и источника питания 24V без заземления (рис. 1.13).

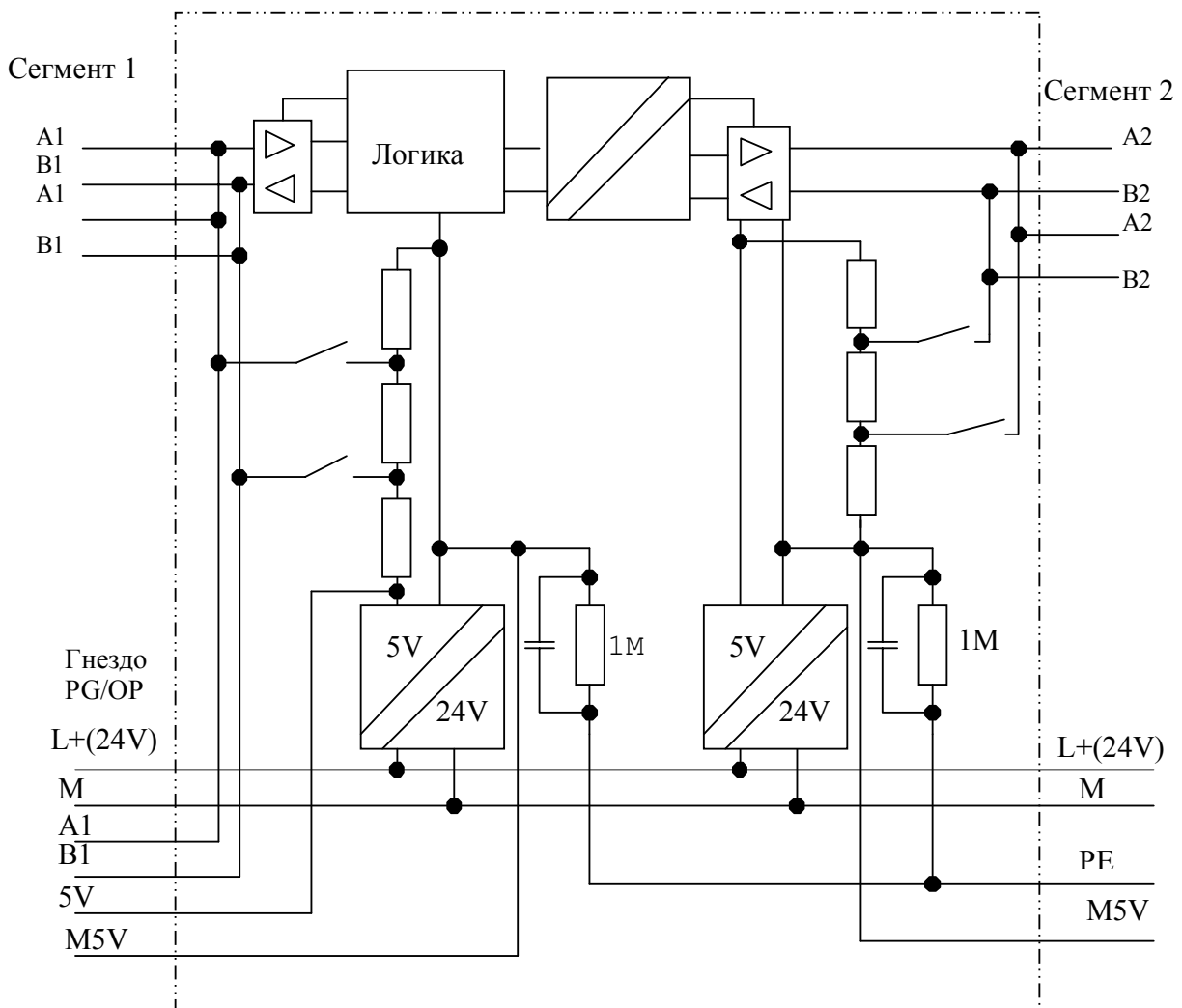


Рис. 1.12 Принципиальная схема RS485-репитера типа 6ES7 972-0AA00-0XA0

Повторитель также представляет нагрузку для соединения RS485. Подключенный RS485-повторитель уменьшает максимальное число участников на сегменте на 1. Это значит, что если на шинном сегменте находится повторитель, то можно на этот сегмент подключить максимум 31 участника. Число повторителей в общей шинной конфигурации не влияет на максимальное число участников (повторитель не занимает логического шинного адреса).

Четвертьволновые отрезки линии передачи

Благодаря прямому подключению участников, например, через 9-штырьковый штекер, в линейной структуре возникают Четвертьволновые отрезки линии

передачи. По EN50170 при скорости передачи 1500 kBit/s допустима длина отрезка не более 6,6 м. Как правило эти отрезки должны быть еще уменьшены.

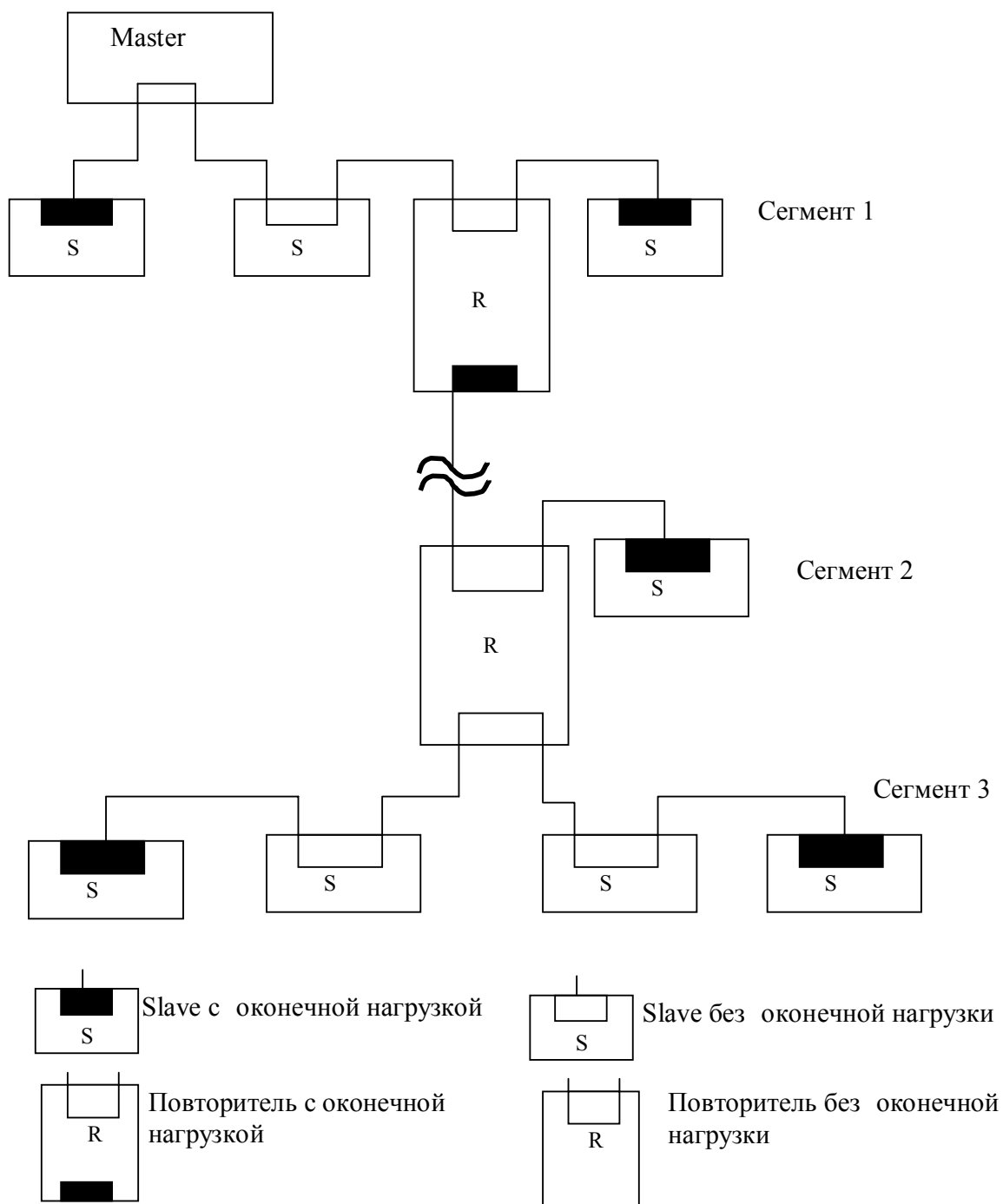


Рис.1.13 Шинная конфигурация с повторителем

Исключение здесь представляет временное подключение устройств программирования и диагностики.

Четвертьволновые отрезки линии передачи могут в зависимости от числа и длины быть причиной переотражений и приводить к искажениям телеграмм. При скорости передачи более 1500 kBit/s Четвертьволновые отрезки линии передачи недопустимы. Программаторы и приборы диагностики могут быть в этом случае подключены через “активные” шинные соединители.

Оптоволоконная техника

При использовании оптоволоконной техники имеются уже готовые шинные структуры, такие, как линия, дерево, звезда, различные варианты кольцевой структуры. С помощью OLM (Optic Link Module) можно реализовать как однопроводное (однофазное) кольцо, так и резервированное двухпроводное (двухфазное) кольцо (рис.1.14).

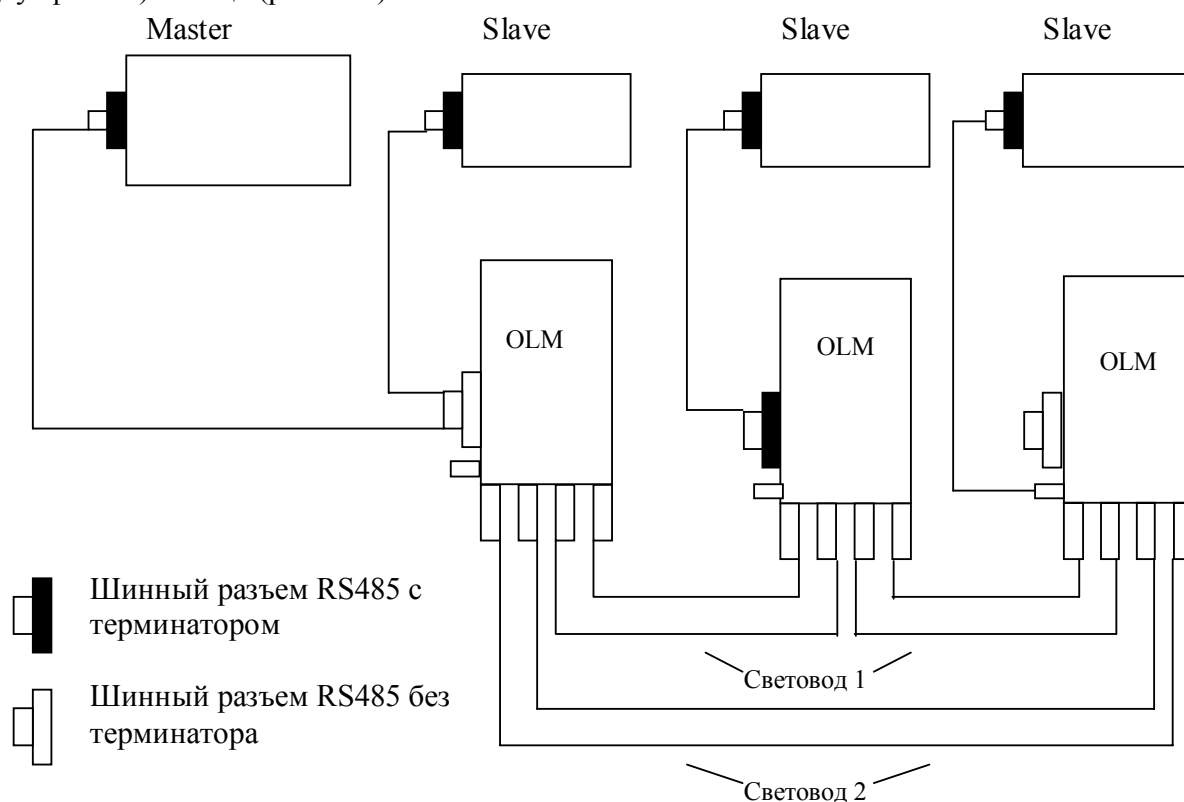


Рис 1.14 Резервированное двухпроводное (двухфазное) кольцо

При однопроводной структуре OLM соединяются друг с другом одинарным оптическим кабелем. Если появляется неисправность, как например, разрыв оптоволоконна или выход из строя OLM, кольцо разрывается. При резервированном оптоволоконном кольце OLM соединяются друг с другом двумя дуплексными оптическими кабелями. В этом случае система может сама распознать

неисправность и сконфигурировать шинную систему в линейную структуру. Сообщения о повреждениях сообщаются через соответствующие контакты и могут быть обработаны. Как только разрыв оптоволоконна будет устранен, шинная система конфигурируется опять в резервированное кольцо.

1.4.2 Техника по IEC 1158-2 (PROFIBUS-PA)

С помощью PROFIBUS-PA могут быть реализованы отдельные структуры: линейные, древовидные, звездообразные, а также их комбинации.

Количество шинных сегментов, занятых участниками шины зависит от установленных источников питания, тока, потребляемого участниками, типа кабеля и экрана шинной системы. На шинную систему можно подключить до 32 участников. Чтобы повысить надежность системы, можно сделать сегмент резервированным. Подключение шинных сегментов PA к сегменту PROFIBUS-DP осуществляется с помощью сегментных разветвителей - DP/PA-Copleг (рис.1.15) или сегментных соединителей - DP/PA-Link.

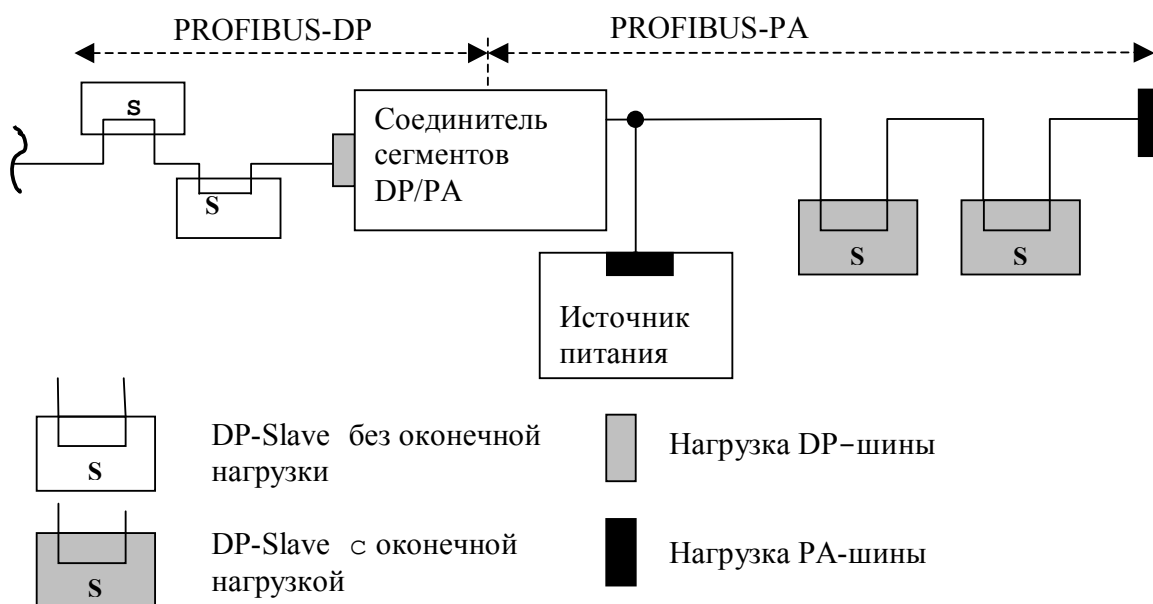


Рис. 1.15 Конфигурация шины с соединителем сегментов DP/PA

1.5 Управление доступом к шине в PROFIBUS

К управлению доступом к шине PROFIBUS предъявляются два существенных требования.

С одной стороны для надежных коммуникаций между равноправными приборами автоматизации или PC необходимо, чтобы каждый участник в течение

определенного временного окна получал доступ к шине для решения своих коммуникационных задач.

С другой стороны для обмена данными между сложными приборами автоматизации или РС и простой децентрализованной периферией требуется быстрый обмен данными с возможно малыми издержками протокола.

Это достигается благодаря гибридно построенному управлению доступом к шине, состоящим из децентрализованного обмена маркером (токеном) между активными участниками (Master'ами) и централизованного обмена Master-Slave для обмена данными между активными и пассивными участниками шины PROFIBUS.

Активный участник, который владеет маркером, берет на себя в данное время функции мастера на шине, чтобы проводить коммуникации с пассивными и активными участниками.

Обмен сообщениями по шине происходит при этом через адресацию участников. Каждому PROFIBUS-участнику назначается однозначный адрес. Адрес назначается из области от 0 до 126. При этом максимальное число участников, находящихся на шине, не превышает 127.

С этим управлением доступом к шине могут быть реализованы следующие конфигурации системы:

- “Чистая” система Master-Master (обмен маркером)
- “Чистая” система Master-Slave (Master-Slave)
- Комбинация обоих методов

Метод доступа к PROFIBUS не зависит от используемой среды передачи, например, медь или оптоволокно, и соответствует EN 50170, том 2.

1.5.1 Метод обмена маркером

Активные участники, подключенные к PROFIBUS, упорядочены по возрастанию их адреса в логическое маркерное кольцо (Token-Ring) (рис.1.16).

Под маркерным кольцом (Token Ring) здесь понимается организационное кольцо из активных участников, в котором маркер (Token) всегда передается от одного участника к следующему. Маркер, а с ним и право на доступ к среде передачи, передается при этом через специальную маркер-телеграмму между активными участниками. Исключение представляет активный участник с наивысшим на шине адресом HSA (Highest Station Address). Он передает маркер исключительно активному участнику с наименьшим шинным адресом, чтобы замкнуть маркерное кольцо.

Время одного обращения маркера через всех активных участников называется *временем обращения маркера*. С помощью устанавливаемого заданного времени обращения маркера T_{tr} (Time Target Rotation) определяется максимально разрешенное время обращения маркера.

Управление доступом к шине активных участников (MAC – Medium Access Control) осуществляется как на фазе инициализации, так и на фазе функционирования маркерного кольца.

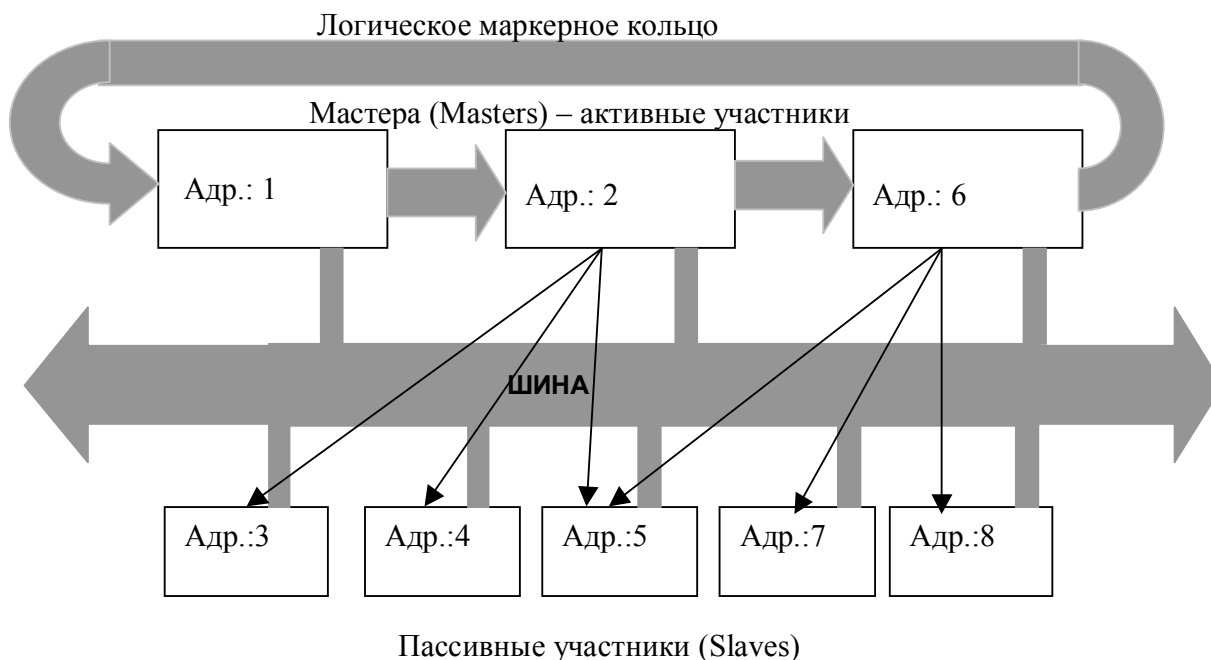


Рис. 1.16 Метод обмена маркером (токоном)

При этом устанавливаются адреса всех имеющихся на шине активных участников и заносятся в LAS (List of Active Station – список активных станций). Для управления маркером при этом особенно важны адреса предыдущей станции PS (Previous Station), от которой маркер получается, и следующей станции NS (Next Station), которой маркер предназначается. Кроме того, LAS также нужна, чтобы при текущей работе исключать из кольца вышедших из строя или дефектных активных участников и, соответственно, принимать вновь появившихся участников без помех текущему обмену данными по шине.

1.5.2 Метод Master-Slave

Если логическое маркерное кольцо состоит только из одного активного и нескольких пассивных участников, то это соответствует “чистой” системе Master-Slave (рис.1.17).

Метод Master-Slave делает возможным мастеру (активному участнику), который имеет право прямой передачи, опрашивать назначенных ему Slaves (пассивных участников). Мастер при этом имеет возможность принимать сообщения от Slave, и соответственно, передавать.

Типичная стандартная шинная конфигурация PROFIBUS-DP базируется на этом методе управления шиной. Активная станция (DP-Master) обменивается в циклической последовательности данными с пассивными станциями (DP-Slaves).

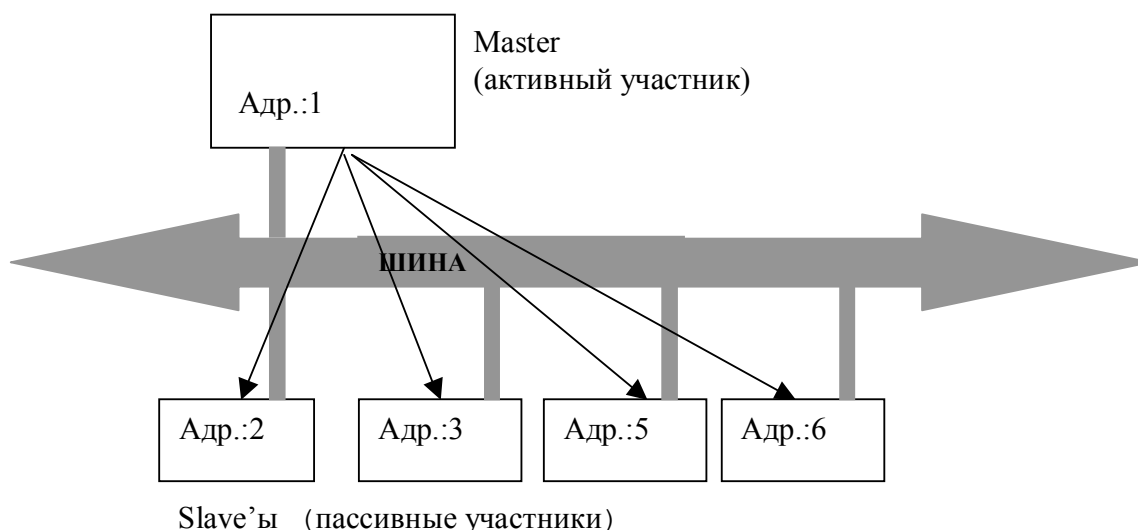


Рис. 1.17 Метод доступа Master-Slave

1.6 Шинные параметры

Безупречное функционирование сети PROFIBUS достигается только тогда, когда установленные шинные параметры соответствуют друг другу. Шинные параметры, заданные для одного участника, должны устанавливаться для каждого другого участника сети, так что они идентичны во всей сети. В целом шинные параметры зависят от выбранной скорости передачи и задаются соответствующим инструментом проектирования. Изменения этих наборов параметров должно проводиться только опытным персоналом. Важнейшие шинные параметры и их значения:

- **Tslot_Init** – предварительно установленное значение для Tslot; параметр Tslot изменяется в зависимости от конфигурации сети.
- **Tslot** – время ожидания приема. Время ожидания приема (slot-time) определяет максимальное время ожидания передатчика, то есть максимальное время, которое передатчик ожидает ответ от партнера.
- **Max. Tsdr** (Maximum Station Delay Responder) – максимальная задержка ответа станции. Определяет максимальный отрезок времени, требуемый отвечающим узлам, чтобы редактировать протокол.
- **Min. Tsdr** (Minimum Station Delay Responder) - минимальная задержка ответа станции. Определяет минимальный отрезок времени, требуемый отвечающим узлам, чтобы редактировать протокол.

- **Tset** (Setup Time) – время установки – время, которое может пройти между приемом “телеграммы данных” и реакцией на нее (ответа на телеграмму)
- **Tqui** (Quiet-Time for Modulator) – время переключения модулятора. Время, требуемое, чтобы переключиться из режима передачи на режим приема.
- **GAP-Factor** – определяет, через сколько оборотов маркера новый участник, подключенный к маркерному кольцу, будет включен в это кольцо. (GAP – пропуск, пробел в адресной области от собственного адреса участника до адреса следующего активного участника шины)
- **Retry Limit** – максимальное количество повторений вызова. Параметр устанавливает, сколько попыток предпринимается максимально, чтобы достичь участника.
- **Tid2** (idle-time 2) – время покоя 2. Определяет время задержки после отправки запроса без ответа.
- **Trdy** (ready-time) – время для квитирования или ответа
- **Tid1** (idle-time 1) – время покоя 1. Устанавливает время ожидания (задержки) после приема ответа.
- **Ttr** (Target-Rotation-Time) – заданное время обращения маркера – максимальное время, имеющееся в распоряжении для обращения маркера. В этот промежуток времени все активные участники (Master’а) один раз получают маркер. Разность между заданным временем обращения маркера и фактическим временем обращения маркера определяет, сколько времени остается у Master’ов для отправки телеграмм (данных) Slave’ам.
- **Ttr typicalli** (Typical Ttr) – типичное время цикла – среднее время реакции на шине, если все спроектированные Slave’ы обмениваются с DP-Master’ами данными, ни один Slave не сообщает диагностических данных и нет никакой дополнительной передачи по шине для PG.
- **Response Monitoring** – время, в течение которого Master реагирует на выход из строя Slave.

Все шинные параметры описывают таким образом времена, которые должны точно соответствовать друг другу. Единицей для измерения этих параметров является tBIT (time_Bit). Один tBIT – это время передачи по шине одного бита и называется также временем передачи бита. Это время зависит от скорости передачи и вычисляется следующим образом:

$$tBIT = 1/\text{скорость передачи (бит/с)}$$

Например, для скорости передачи 12 Мбит/с время передачи бита – 83 ns, а для скорости передачи 1,5 Мбит/с – 667 ns.