

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035228**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.05.19

(51) Int. Cl. **H04L 12/403** (2006.01)
G06F 13/42 (2006.01)

(21) Номер заявки
201700029

(22) Дата подачи заявки
2016.12.28

**(54) СПОСОБ АДАПТИВНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ПРОМЫШЛЕННОМ
КОНТРОЛЛЕРЕ**

(43) **2018.02.28**

(96) **2016000119 (RU) 2016.12.28**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"ТЕКОНГРУП" (RU)**

(56) MIL-STD-1553. Tutorial. AIM Gmbh. Avionics Databus Solutions, November 2010 v2.3 [online]. Retrieved from the Internet: <URL: <https://www.aim-online.com/pdf/OVW1553.pdf>>, с 2-1, раздел "MIL-STD-1553 Overview, с 2-4, раздел "1553B Hardware Components", с. 3-9, раздел "4.3.3.5.1.2. Remote Terminal Address", с 3-10, раздел "4.3.3.5.1.5. Data Word Count/Mode Code", с 3-25, раздел "BC-RT", с. 3-27, раздел "4.3.3.6.5. Mode Command with Data Word (Transmit)"
US-B2-8990464
RU-C2-2597501

(57) Изобретение относится к способу передачи информации по проводным линиям в промышленном контроллере. Способ обмена данными заключается в том, что между ведущим электронным устройством (Master) и ведомым электронным устройством (Slave) по каналу осуществляется обмен данными в виде управляющих и информационных пакетов, в управляющее поле которых внесен признак адаптивного чтения (ADP). При передаче данных из ведомого устройства в ведущее устройство ведущее устройство запрашивает у ведомого устройства количество слов полезной информации, равное максимально возможному количеству слов, необходимых для записи контролируемого параметра. При этом ведомое устройство на запрос ведущего устройства направляет такое количество слов полезной информации, которое достаточно для записи текущего значения контролируемого параметра. В случае если ведомое устройство направляет в ведущее устройство меньшее количество слов полезной информации, чем количество слов, запрашиваемое ведущим устройством, ADP в управляющем и в информационном пакетах имеет разное значение. Предложенный способ позволяет передавать меньшее количество слов полезной информации, что обеспечивает увеличение скорости передачи данных.

B1

035228

035228

B1

Изобретение относится к способу передачи информации по проводным линиям в промышленном контроллере с программируемой логикой (ПЛК), являющемся вычислительной и управляющей единицей в распределенных автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП).

ПЛК предназначен для сбора и обработки информации, получаемой от контрольно-измерительных приборов в виде дискретных, аналоговых и цифровых сигналов, включая прием информации от других подсистем автоматического управления, и для формирования воздействий на исполнительные механизмы. Одной из проблем разработчиков ПЛК является обеспечение высоконадежной и высокоскоростной информационной связи между модулем центрального процессора и модулями ввода-вывода, предназначенными для ввода в контроллер сигналов с датчиков и для вывода сигналов управления исполнительным устройствам. Решению этой проблемы и посвящено предлагаемое изобретение.

При описании заявляемого способа и аналогов используемые термины имеющее следующее значение.

"Протокол передачи данных" - набор правил и соглашений, определяющих содержимое, формат, параметры времени, последовательность и проверку ошибок в сообщениях, которыми обмениваются устройства системы.

"Ведущее устройство (Master)" - главное устройство, которое посылает данные другим пользователям и/или запрашивает данные от других пользователей, т.е. является инициатором в обмене данными с ведомым устройством (Slave).

"Ведомое устройство (Slave)" - устройство, которое может обмениваться информацией только с ведущим устройством (Master) после того, как от ведущего устройства поступит соответствующий запрос.

"Канал передачи данных" - совокупность технических устройств (кабелей, ответвителей, соединителей, шин печатной платы и т.п.), обеспечивающих передачу сообщений любого типа от отправителя к получателю, осуществляемую с помощью электрических сигналов.

"Абонент" - электронное устройство, подключенное к каналу передачи данных для выдачи или приема данных.

"Слово" - строка битов, рассматриваемая как единое целое при их передаче, приеме, коммутации, обработке, отображении и хранении.

"Пакет" - блок данных, посланных по каналу передачи данных.

"Управляющий пакет" - блок данных, обрабатываемый сетевыми программами как единое целое. Пакет состоит из данных, выполняющих роль служебной информации, необходимых для реализации протокола.

"Информационный пакет" - блок данных, обрабатываемый сетевыми программами как единое целое. Пакет состоит из служебной информации и полезной информации, которая должна быть передана.

Общая структура управляющего или информационного пакета определяется составом пакета и его форматом.

"Состав" - содержащиеся в пакете различные типы данных.

"Формат" - размерность и порядок размещения различных типов данных.

Известен способ для адаптации надежности передачи данных в последовательной шинной системе (патент на изобретение РФ №2597501 С2), принятый в качестве аналога. Абоненты обмениваются по шине сообщениями, имеющими логическую структуру, соответствующую стандарту ISO 11898-1 на протокол CAN. Согласно указанному протоколу структура сообщения включает в себя бит начала кадра, поле арбитража, поле управления, поле данных, поле циклической контрольной суммы (CRC), поле подтверждения и последовательность конца кадра. При свободной шине любой абонент может передать данные в любой момент. В случае одновременной передачи данных двумя и более абонентами происходит арбитраж доступа к шине и передается сообщение с большим приоритетом. В связи с возрастающими требованиями к передаваемым объемам данных в известном способе модифицирован формат поля данных. Формат поля данных увеличен с максимально допустимого стандартом 8 байт до 16 байт или до 24 байт в расширенном формате. "За счет обеспечения возможности увеличения поля данных в передаваемом сообщении достигается тот эффект, что, по сравнению с соответствующим стандарту CAN сообщением, одним сообщением можно передать по шине большее количество, или объем, данных. Это выгодно увеличивает отношение объема содержащейся в сообщении информации (полезной информации) к объему служебной информации и тем самым также увеличивает среднюю скорость передачи данных по шинной системе". В известном способе используется два типа сообщений, первый тип - по протоколу CAN, второй тип - с модифицированным форматом поля данных. Тип сообщения определяется коммуникационным контроллером благодаря зарезервированному биту или дополнительному биту или битовой комбинации, введенным в поле арбитража и/или в поле управления. Благодаря такому биту коммуникационный контроллер адаптирует свою работу для принятия соответствующего типа сообщения.

Поскольку заявляемый способ обмена данными (протокол) изначально разрабатывался для контроллера, для работы которого характерна цикличность, обязательный опрос в цикле всех модулей ввода-вывода и гарантированное время отклика (система реального времени), то в качестве основы был взят протокол, основанный на архитектуре ведущий-ведомый (master-slave), который, в отличие от протокола CAN, основанного на арбитраже шины, обеспечивает перечисленные требования.

За основу для заявляемого способа обмена данными взят интерфейс, описанный в стандарте MIL-STD-1553B, dated 21 September 1978, "Department of defense interface standart for digital time division command/response multiplex data bus" (обозначение военного стандарта США). В нашей стране он был утвержден как ГОСТ 26765.52-87 (заменен на ГОСТ Р 52070-2003, введенный в действие 5 июня 2003 г.) "Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей. Общие требования" (прототип). Данный стандарт описывает магистральный последовательный интерфейс с централизованным управлением, применяемый в системе электронных модулей, и устанавливает требования к организации обмена информацией, функциям устройств интерфейса и контролю передачи информации, характеристикам информационной магистрали и характеристикам устройств интерфейса. Интерфейс функционирует асинхронно, в режиме "команда-ответ". Инициирование обмена информацией и управление передачей осуществляет только контроллер шины. Стандартом определен состав слов (фиг. 1) - командное слово, слово данных и ответное слово. Размер каждого слова равен 20 разрядам. Слова начинаются с синхросигнала (три разряда), затем поле данных (16 бит) и заканчиваются разрядом контроля четности. Определены два вида синхросигнала, которые позволяют отличать командные слова от информационных слов. Вся информация на магистрали передается в коде "Манчестер-2".

Интерфейс, описанный ГОСТ Р 52070-2003 имеет следующие недостатки. Так, определена низкая скорость передачи информации -1 Мбит/с. Максимальный размер сообщения, которое может быть передано или принято, не более 32 слов данных. При этом не обеспечен полный контроль достоверности передаваемой информации. Адресуемых абонентов не более 31. Все это ограничивает использование интерфейса по ГОСТ Р 52070-2003 в современных системах.

Задача изобретения - увеличение скорости передачи данных и, следовательно, скорости обмена данными между электронными устройствами, реализующими заявляемый протокол.

Технический результат достигается тем, что между по меньшей мере одним ведущим электронным устройством и по меньшей мере одним ведомым электронным устройством по каналу передачи данных осуществляют последовательный обмен данными для чтения ведущим устройством значения контролируемого параметра из ведомого устройства. Для этого вначале из ведущего устройства запрашивают значение контролируемого параметра у ведомого устройства, для чего осуществляют передачу из ведущего устройства в ведомое устройство управляющего пакета, который состоит из слов, выполняющих роль служебной информации. Затем из ведомого устройства передают значение контролируемого параметра в ведущее устройство, для чего осуществляют передачу из ведомого устройства в ведущее устройство информационного пакета, который состоит из слов служебной информации и слов полезной информации, предназначенной для записи текущего значения контролируемого параметра. При этом служебная информация управляющего и информационного пакетов содержит кодированное число количества слов полезной информации и бит, который предназначен для уведомления ведущего устройства об уменьшении количества слов полезной информации, полученных ведущим устройством в информационном пакете, по сравнению с количеством слов полезной информации, запрошенных ведущим устройством в управляющем пакете. При этом, когда осуществляют передачу из ведущего устройства в ведомое устройство управляющего пакета, в нем содержится кодированное число максимального количества слов полезной информации, заданного для записи значения контролируемого параметра, а когда осуществляют передачу из ведомого устройства в ведущее устройство информационного пакета, в нем содержится такое кодированное число количества слов полезной информации, которое передается в ведущее устройство и которое достаточно для записи текущего значения контролируемого параметра. В случае если произошло уменьшение количества слов полезной информации в информационном пакете по сравнению с запрашиваемым количеством слов полезной информации в управляющем пакете, бит, который предназначен для уведомления ведущего устройства об уменьшении количества слов полезной информации, полученных ведущим устройством в информационном пакете, по сравнению с количеством слов полезной информации, запрошенным ведущим устройством в управляющем пакете, будет иметь разное значение в управляющем и информационном пакетах.

Признаки и преимущества способа обмена данными раскрыты в последующем описании осуществления изобретения, приведенном со ссылками на следующие чертежи, на которых показаны:

фиг. 1 - структура слов по ГОСТ Р 52070-2003 (прототип);

фиг. 2 - структурная схема соединения электронных устройств, реализующих заявляемый способ обмена данными;

фиг. 3- передача логических нуля и единицы в коде "Манчестер-2" (прототип и заявляемый способ);

фиг. 4 - синхросигналы управляющего слова и слова данных (прототип и заявляемый способ);

фиг. 5 - физический формат управляющего слова (прототип и заявляемый способ);

фиг. 6 - физический формат слова данных (прототип и заявляемый способ);

фиг. 7 - структура информационного пакета (CTL+DATA);

фиг. 8 - структура управляющего пакета (CTL);

фиг. 9 - структура пакета данных (DATA);

фиг. 10 - структура сообщения "записи данных в Slave";

фиг. 11 - структура сообщения "чтение данных из Slave";

фиг. 12 - сообщение "чтение данных из ведомого устройства (Slave)", в котором при измерении текущего значения параметра из ведомого устройства (Slave) передается в ведущее устройство (Master) максимально возможное количество слов данных, необходимых для записи контролируемого параметра (режим полного чтения из Slave);

фиг. 13 - сообщение "чтение данных из ведомого устройства (Slave)", в котором из ведомого устройства (Slave) передается в ведущее устройство (Master) количество слов данных, достаточное для записи текущего значения контролируемого параметра (режим адаптивного чтения данных из Slave);

фиг. 14 и 15 - блок-схема алгоритма работы ведущего устройства (Master) при "чтении данных из ведомого устройства (Slave)".

Для осуществления способа обмена данными достаточно по меньшей мере одного ведущего устройства (Master) 1 и по меньшей мере одного ведомого устройства (Slave) 2, подключенных к последовательному каналу 3 передачи данных (фиг. 2). Например, в ПЛК модуль центрального процессора выступает в качестве ведущего устройства (Master) 1, а в качестве ведомого устройства (Slave) может выступать модуль ввода 2 и/или модуль вывода 4, а в качестве канала 3 передачи данных используется внутренняя шина контроллера. На фиг. 2 показаны также устройства полевого (нижнего) уровня АСУ ТП, а именно датчик 6 частоты вращения, подключенный к модулю ввода 2 и двигатель 7, подключенный к модулю вывода 4.

Развитие интегральной схемотехники привело к созданию принципиально новых измерительных преобразователей - интеллектуальных датчиков (далее ИД), содержащих в одном корпусе преобразователь и микропроцессор, что позволяет выполнять основные операции по преобразованию, усилению и обработке информации в самом датчике. ИД представляет собой совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих отображение свойств объекта контроля в виде некоторой структуры данных, формируемых в результате обработки выходного сигнала измерительного преобразователя по определенному алгоритму. ИД могут не только контролировать измеряемые величины, но и осуществлять их оценку, коррекцию по определенным критериям, контролировать свои собственные характеристики, работать в режиме диалога с системой управления, принимать команды, передавать измеренные значения, как правило, в цифровой форме, а также аварийные сообщения. ИД может обеспечить адаптацию (приспособление) к диапазону изменения значений измеряемой величины, к скорости изменения измеряемой величины, к воздействию влияющих факторов, включая помехи, условия окружающей среды и т.д.

В качестве ведомого устройства (Slave) 5 могут выступать интеллектуальный датчик и/или интеллектуальный электропривод. Так, на фиг. 2 в качестве ведомого устройства (Slave) 5 показан ИД, подключенный непосредственно к каналу 3 передачи данных.

Вся информация по каналу передается также, как и в интерфейсе по ГОСТ Р 52070-2003, а именно в коде "Манчестер-2". Этот самосинхронизирующийся фазоманипулированный код имеет нулевую постоянную составляющую, что очень важно в применениях с высокой скоростью передачи. Кодирование 0 и 1 производится не уровнем, а фронтом сигнала в середине тактового интервала (фиг. 3), что позволяет обеспечить побитную синхронизацию передатчика и приемника по передаваемой информации в широком диапазоне отклонения несущей частоты.

Так же, как и в интерфейсе по ГОСТ Р 52070-2003, определены два вида синхросигнала (фиг. 4), которые позволяют аппаратно, следовательно, быстро отличать управляющее слово от слова данных и обеспечивают пословную синхронизацию передатчика и приемника, т.е. однозначно определять начало слов в потоке 0 и 1 в канале.

На фиг. 5 показан формат управляющего слова. Управляющее слово начинается синхросигналом (3 бита), полярность первой половины которого положительна, а вторая половина отрицательна. Далее следуют 16 информационных бит, и завершается управляющее слово битом контроля по четности (P).

На фиг. 6 показан формат слова данных. Слово данных начинается синхросигналом (3 бита), полярность первой половины которого отрицательная, а вторая половина - положительная. Затем следует 16-битовое поле данных и завершается слово данных битом контроля по четности (P).

Для передачи сигналов на небольшие расстояния предлагается использовать низковольтную дифференциальную линию передачи по согласованной проводной линии M-LVDS (TIA/EIA-899 (Electrical Characteristics of Multipoint-Low-Voltage Differential Signaling)). Приемопередатчики M-LVDS обеспечивают высокоскоростную и надежную передачу сигналов при малом энергопотреблении. При использовании данного способа передачи для обеспечения связи модуля центрального процессора с модулями ввода-вывода, расположенными внутри электротехнического шкафа с максимальным удалением между собой до 10 м, скорость передачи может достигать 50 Мбит/с.

Для передачи сигналов на большие расстояния может быть использован интерфейс стандарта RS-485 (EIA/TIA-485-A). Абонентами здесь могут быть удаленные интеллектуальные датчики или контроллеры расширения.

Пакет, включающий поле данных, называется информационным пакетом (CTL+DATA). На фиг. 7 показана общая структура информационного пакета. Информационный пакет состоит из управляющего поля, поля контрольной суммы управляющего поля, поля данных и поля контрольной суммы поля данных. Управляющее поле - это данные, необходимые абоненту для определения выполнения им задаваем-

мых функций и указания своего состояния. Управляющее поле содержит адресную информацию, выполняемое действие (передача или прием данных), количество слов данных и т.д.

Пакет, не имеющий поля данных, называется управляющим пакетом (CTL). Управляющие пакеты могут выполнять функцию начала и конца сеанса связи, подтверждения приема информационного пакета, запроса информационного пакета и т.д. На фиг. 8 показана структура управляющего пакета (CTL) состоящего из управляющего поля и контрольной суммы CRC(1) управляющего поля. Предложена пословная передача данных. Управляющее поле состоит из первого слова $sw[0]$ и второго слова $sw[1]$. Для обеспечения надежности передачи данных, а именно для проверки целостности данных управляющего поля, предназначена контрольная сумма CRC(1), имеющего вид третьего $sw[2]$ слова.

Пакет данных (DATA) состоит из поля данных и контрольной суммы CRC(2) поля данных (фиг. 9). Поле данных (полезная информация) - собственно данные, которыми обмениваются между собой абоненты и для передачи которых используется пакет данных. Последнее слово в пакете данных - это контрольная сумма CRC(2) поля данных, предназначенная для проверки целостности поля данных.

В процессе сеанса обмена информацией по каналу между передающим и принимающим абонентами происходит обмен информационными и управляющими пакетами по установленным правилам, называемым протоколом обмена.

Состав и описание типов данных, используемых
в предлагаемом способе обмена данными

Тип данных	Описание
Управляющий пакет (CTL)	
Первое шестнадцатиразрядное управляющее слово $sw[0]$ имеет следующий состав:	
WR/RD WR - запись RD - чтение	- бит операции «запись» данных в ведомое устройство (Slave) или операции «чтение» данных из ведомого устройства (Slave). Код: 0-запись (WRITE) данных, 1-чтение (READ) данных.
ADP	- бит адаптивного чтения полезной информации. Занимает один бит слова. Назначением данного бита является уведомление ведущего устройства (Master) в операции «чтение» об уменьшении количества слов полезной информации, полученных ведущим устройством (Master) в информационном пакете, по сравнению с количеством слов полезной информации, запрошенных ведущим устройством (Master) в управляющем пакете. Значение данного бита изменяется в ведомом устройстве (Slave) при отправке меньшего количества слов данных, чем запросило ведущее устройство (Master).
reserved	- зарезервированные биты, логическое значение которых разработчик может задать самостоятельно.
SIZE	- количество n слов данных (полезной информации). Занимает восемь битов слова, в которых содержится кодированное число количества слов данных (полезной информации), которые должны быть переданы в ведомое устройство (Slave) или приняты из ведомого устройства (Slave).

Второе шестнадцатиразрядное управляющее слово cw[1] имеет следующий состав:	
SpaceAddr	- признак номера внутреннего адресного пространства запрашиваемого абонента для записи/чтения информации. Занимает восемь бит слова.
BusAddr	- признак адреса абонента на шине. Занимает семь бит слова. BusAddr=127 – широковещательное сообщение «ВСЕМ».
M/S	- бит инициатора текущей передачи на шине. Код: 0-активно ведущее устройство (Master), 1- активно ведомое устройство (Slave).
Признак контрольной суммы управляющего поля в виде шестнадцатиразрядного слова cw[2]:	
CRC(1) (Cyclic Redundancy Check)	- признак контрольной суммы первого cw[0] и второго cw[1] управляющих слов. Применяется для проверки целостности передачи управляющих слов. Используется расчет CRC-16 с полиномом 0xA001, так называемый, CRC-16 Modbus.
Пакет данных (DATA)	
DATA	- поле данных (полезной информации) имеет переменный размер. Поле данных состоит из n-числа шестнадцатиразрядных слов данных (DATA). Количество (SIZE) слов данных в пакете указано в первом управляющем слове. Количество слов в одном пакете увеличено до 256 слов.
CRC(2) (Cyclic Redundancy Check)	- признак контрольной суммы слов данных. Применяется для проверки целостности передачи слов данных. Используется расчет CRC-16 с полиномом 0xA001, так называемый, CRC-16 Modbus.

Описанная выше структура управляющего пакета и пакета данных позволила увеличить количество абонентов на шине до 128, а количество внутренних адресных пространств - до 256.

Содержание передаваемой информации может быть любым при условии совместимости с форматами слов и форматами сообщений.

Передача данных между ведущим устройством (Master) и ведомыми устройствами (Slave) делится на три фазы: параметризация, конфигурирование и передача данных. В фазе параметризации и конфигурирования проверяется, соответствует ли конфигурация и параметры ведомого устройства запланированным в ведущем устройстве установкам. Проверяется тип устройства, формат и длина передаваемых сообщений, количество входов или выходов. В фазе передачи данных ведущее устройство (Master) должно реализовывать передачу данных в ведомое устройство (Slave) и прием данных из ведомого устройства (Slave).

Рассмотрим возможные типы сообщений, которыми обмениваются ведущее и ведомое устройства путем последовательной передачи друг другу управляющих и информационных пакетов.

Первый тип сообщения предназначен для передачи данных от ведущего устройства (Master) к ведомому устройству (Slave) - "запись данных в Slave" (фиг. 10).

Ведущее устройство (Master) передает информационный пакет (с признаком "запись (WR)" в управляющем поле), а ведомое устройство (Slave) принимает информационный пакет, просчитывает контрольную сумму CRC(1) управляющего поля и контрольную сумму CRC(2) поля данных и сравнива-

ет их значения с полученными от ведущего устройства (Master). В зависимости от результата сравнения контрольных сумм ведомое устройство (Slave) либо игнорирует задание записи данных, либо принимает к исполнению. Если информационный пакет принят верно, ведомое устройство (Slave) посылает ведущему устройству (Master) ответ, имеющий вид управляющего пакета (CTL). Если контрольные суммы не совпадают, то считается, что целостность передаваемой информации нарушена и ведомое устройство (Slave) игнорирует задание и не отправляет ответ.

Второй тип сообщения предназначен для передачи данных от ведомого устройства (Slave) к ведущему устройству (Master) - "чтение данных из Slave" (фиг. 11).

Ведущее устройство (Master) передает управляющий пакет (с признаком "чтение (RD)" в управляющем поле) и освобождает канал. Адресуемое ведомое устройство (Slave) принимает управляющий пакет, просчитывает контрольную сумму CRC(1) управляющего поля и сравнивает ее значение со значением контрольной суммы, полученной от ведущего устройства (Master). В зависимости от результата сравнения контрольной суммы ведомое устройство (Slave) либо игнорирует задание передачи данных, либо принимает к исполнению. При успешном сравнении ведомое устройство (Slave) захватывает шину и передает ведущему устройству (Master) ответ, имеющий вид информационного пакета. Ведущее устройство (Master) принимает ответ от ведомого устройства (Slave) в виде информационного пакета и просчитывает контрольную сумму CRC(1) управляющего поля и контрольную сумму CRC(2) поля данных. При успешном сравнении контрольных сумм управляющий пакет от ведомого устройства (Slave) считается принятым, чтение данных ведущим устройством (Master) из ведомого устройства (Slave) завершено.

Известно, что для способа обмена данными, в котором один абонент (Master) всегда инициативно запрашивает данные у другого абонента (Slave), характерно то, что абонент (Slave) всегда направляет абоненту (Master) такое количество слов полезной информации, которое запросил у него абонент (Master) в текущем сообщении. В свою очередь, абонент (Master) всегда (из цикла в цикл) запрашивает максимально возможное количество слов полезной информации, т.е. запрашивает количество слов полезной информации, необходимое для записи такого значения контролируемого параметра, для которого требуется максимальное количество слов полезной информации.

Значение контролируемого параметра, измеренного с заданной точностью, и является полезной информацией.

Основная идея предлагаемого изобретения - передавать по каналу только "нужное" количество слов полезной информации, в то время как традиционно в системах "Master/Slave" передается максимально возможное количество слов полезной информации.

Предлагаемый способ обмена данными дает возможность при "чтении данных из ведомого устройства (Slave)" передавать по каналу только такое количество слов, предназначенных для записи полезной информации, которое достаточно для записи текущего значения контролируемого параметра, что увеличивает производительность канала (внутренней шины контроллера).

Например, при чтении данных из ведомого устройства (Slave) ведущее устройство (Master) запрашивает значение измеряемого (контролируемого) параметра, например значение температуры. Допустим, что для передачи предельного значения температуры, например $T_{\max}=+70^{\circ}$, необходимо максимальное количество слов, а именно "четыре" слова (фиг. 12). Следовательно, для чтения вначале из ведущего устройства (Master) направляют в ведомое устройство (Slave) управляющий пакет (CTL), где в "SIZE" закодировано число "пять". Т.е. у ведомого устройства (Slave) запрашивают информационный пакет, поле данных которого должно состоять из четырех слов (d[0], d[1], d[2], d[3])+одного слова контрольной суммы CRC(2) (режим полного чтения) (фиг. 12). Но диапазон номинальных значений измеряемого параметра температуры в 90% случаев не выходит за пределы значений $^{\circ}\text{C} +21\dots+40$. Для записи номинальных значений температуры необходимо одно слово данных. Следовательно, каждый раз при передаче номинального значения температуры по каналу направляется три "лишних" слова, биты которых установлены в логический ноль. Для того чтобы не передавать "лишние" слова в микропроцессоре ведомого устройства (Slave) анализируется текущее значение измеренной температуры, например $T_1=+25^{\circ}$, и выставляется в ответном информационном пакете в "SIZE" число "два". Т.е. ведомое устройство (Slave) отправляет ведущему устройству (Master) информационный пакет, в котором поле данных состоит из одного слова данных (d[0])+ одного слова контрольной суммы CRC(2) (режим адаптивного чтения данных из Slave) (фиг. 13). В результате имеем сокращение времени ΔT_p обслуживания конкретного ведомого устройства (Slave) (модуля ввода-вывода, ИД) примерно на 28%.

Процентный временной выигрыш ΔT_p можно рассчитать по формуле:

$$\Delta T_p = \left(1 - \frac{6+y}{6+x}\right) * 100[\%]$$

где

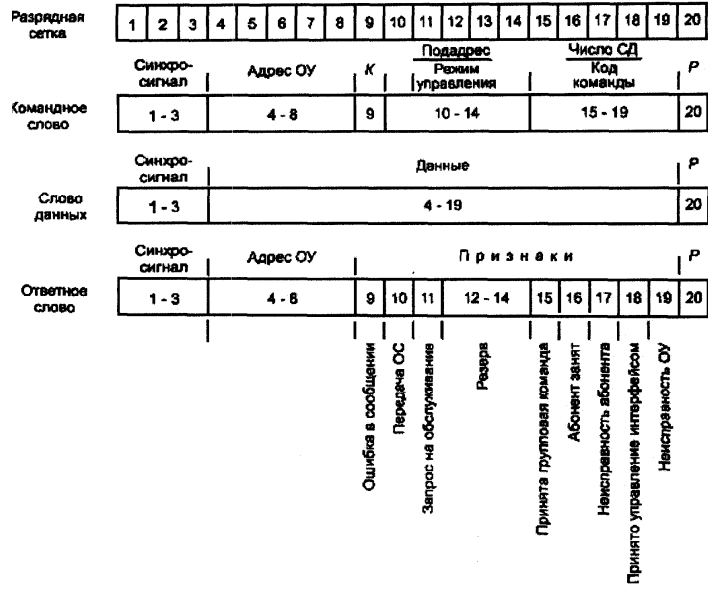
x - максимальное количество слов данных, зарезервированное для данного контролируемого параметра;

y - минимально необходимое количество слов для текущего значения контролируемого параметра.

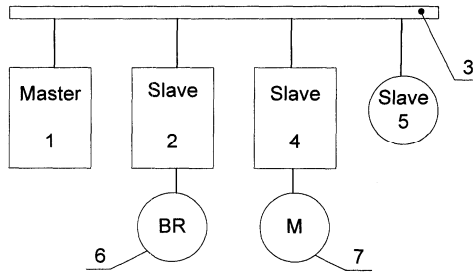
Для того чтобы ведущее устройство (Master) не восприняло полученный информационный пакет с меньшим количеством слов полезной информации как ошибку, в состав управляющих полей управляющего и информационного пакетов включен бит "ADP". Бит "ADP" предназначен для уведомления ведущего устройства (Master) об уменьшении количества слов полезной информации, полученных ведущим устройством (Master) в информационном пакете (CTL+DATA), по сравнению с количеством слов полезной информации, запрошенных ведущим устройством (Master) в управляющем пакете (CTL). В приведенном выше примере из ведущего устройства (Master) направляют в ведомое устройство (Slave) управляющий пакет (CTL) со значением "0" в бите "ADP" и заданным максимальным числом в "Size" запрашиваемого количества слов полезной информации. В свою очередь, когда осуществляют передачу из ведомого устройства (Slave) в ведущее устройство (Master) ответного информационного пакета (CTL+DATA) с количеством слов полезной информации (DATA) меньшим, чем запрашивалось в управляющем пакете, в ответном информационном пакете бит "ADP" имеет значение "1". Полученный информационный пакет, в управляющем поле которого бит "ADP" имеет значение "1", ведущее устройство (Master) воспринимает как команду к приему другого количества слов полезной информации (фиг. 14, 15). Если ведомое устройство (Slave) направляет в ведущее устройство (Master) такое количество слов полезной информации (DATA), какое запросило ведущее устройство (Master), то значение бита "ADP" в ответном информационном пакете не изменяется и сохраняет значение "0".

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

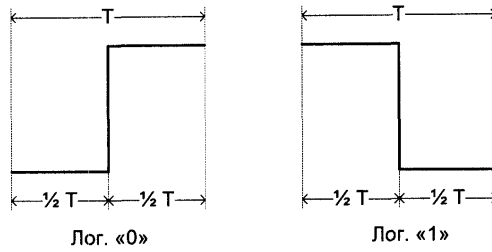
Способ последовательного обмена данными, заключающийся в том, что между по меньшей мере одним ведущим электронным устройством и по меньшей мере одним ведомым электронным устройством по каналу передачи данных осуществляют обмен данными для чтения ведущим устройством контролируемого параметра из ведомого устройства, для чего вначале из ведущего устройства запрашивают значение контролируемого параметра у ведомого устройства, а затем из ведомого устройства передают значение контролируемого параметра в ведущее устройство, отличающийся тем, что для чтения ведущим устройством значения контролируемого параметра из ведомого устройства осуществляют передачу из ведущего устройства в ведомое устройство управляющего пакета, который состоит из слов, выполняющих роль служебной информации, а затем осуществляют передачу из ведомого устройства в ведущее устройство информационного пакета, который состоит из слов служебной информации и слов полезной информации, предназначенной для записи текущего значения контролируемого параметра, при этом служебная информация управляющего и информационного пакетов содержит кодированное число количества слов полезной информации и бит, который предназначен для уведомления ведущего устройства об уменьшении количества слов полезной информации, полученных ведущим устройством в информационном пакете, по сравнению с количеством слов полезной информации, запрошенных ведущим устройством в управляющем пакете, при этом, когда осуществляют передачу из ведущего устройства в ведомое устройство управляющего пакета, в нем содержится кодированное число максимального количества слов полезной информации, заданного для записи значения контролируемого параметра, а когда осуществляют передачу из ведомого устройства в ведущее устройство информационного пакета, в нем содержится такое кодированное число количества слов полезной информации, которое передается в ведущее устройство и которое достаточно для записи текущего значения контролируемого параметра, и в случае если произошло уменьшение количества слов полезной информации в информационном пакете по сравнению с запрашиваемым количеством слов полезной информации в управляющем пакете, бит, который предназначен для уведомления ведущего устройства об уменьшении количества слов полезной информации, полученных ведущим устройством в информационном пакете, по сравнению с количеством слов полезной информации, запрошенным ведущим устройством в управляющем пакете, будет иметь разное значение в управляющем и информационном пакетах.



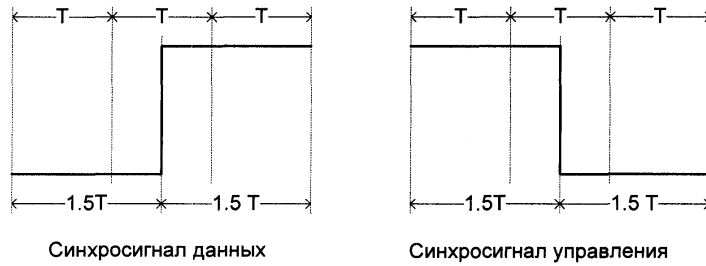
Фиг. 1



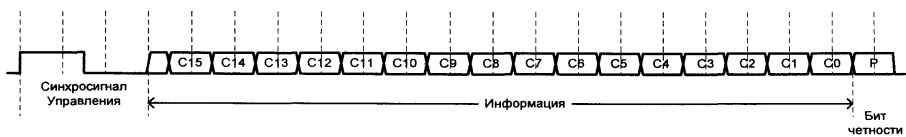
Фиг. 2



Фиг. 3



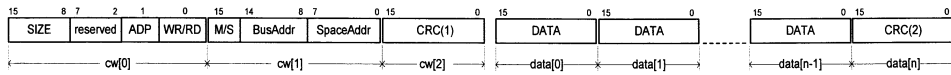
Фиг. 4



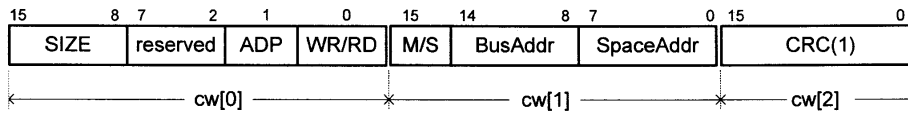
Фиг. 5



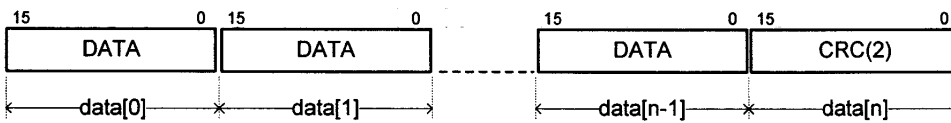
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



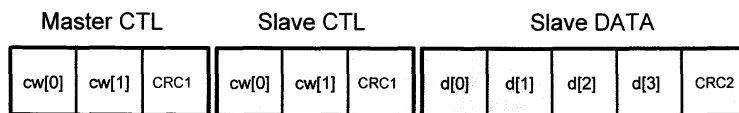
Фиг. 9



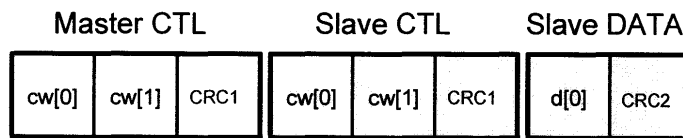
Фиг. 10



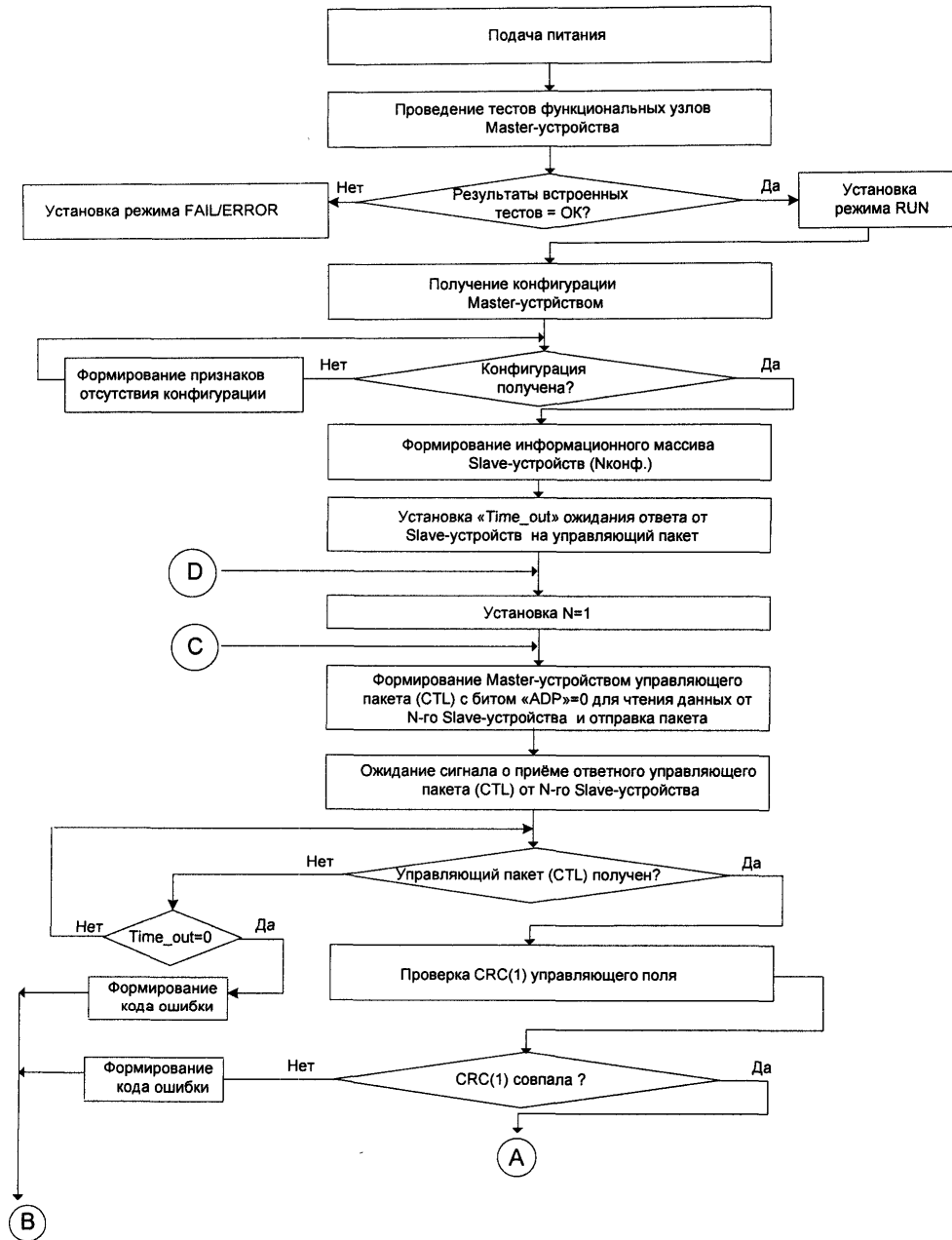
Фиг. 11



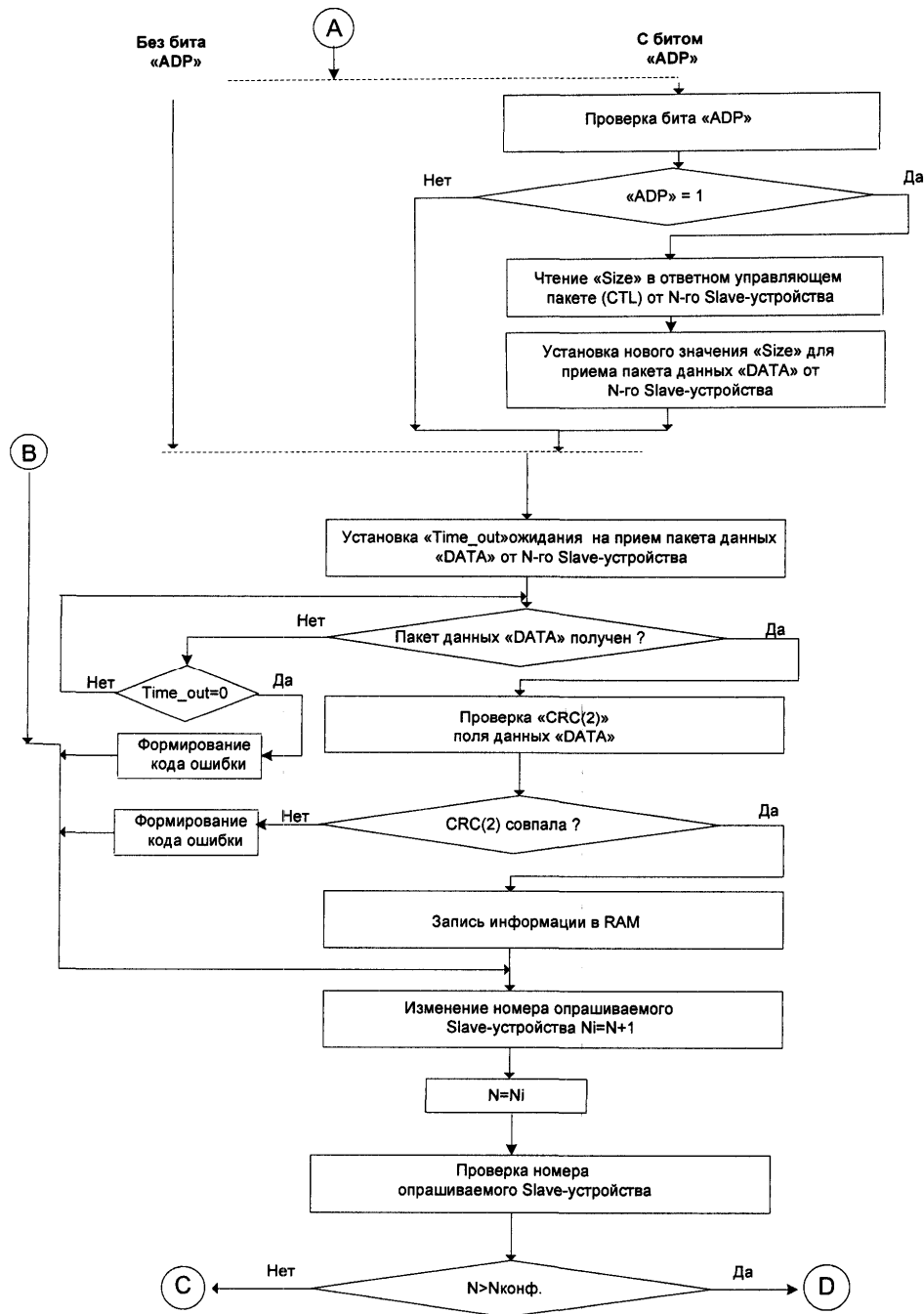
Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15

