

УМНЫЙ ДОМ.

Оглавление.

Постановка задачи.....	2
Предлагаемое решение.....	3
Термины.....	4
Принципы построения системы.....	5
Описание канального протокола обмена.....	6
Процедура захвата канала.	6
Процедура передачи пакета.	7
Процедура приема пакета.	7
Вспомогательная процедура считывания значения бита из канала.	7
Протокол управления.....	9
Формат пакета.	9
Поля пакета.....	9
GROUP.....	9
ROOM.....	10
ADDR.....	10
COMMAND, PARAM1 и PARAM2.....	10
CRC8.....	16
DATA.....	16
CRC32.....	16
ANSWER.....	16
Адресация устройств системы.....	17
Широковещательная глобальная адресация.....	17
Широковещательная адресная адресация.....	17
Широковещательная адресация по помещению.....	17
Широковещательная адресация по группе.....	17
Абсолютная адресация.....	18
Принципы конструирования устройств системы.....	19
Простота.....	19
Функциональность.....	19
Разнообразие.....	19
Внешний вид.....	19
Надежность и гарантии.....	19
Маркировка и сопроводительная документация.....	20
Приложения.....	21
Система маркировки устройств.....	21
Характеристики сигналов протокола обмена.....	22
Физические характеристики сигналов.....	23
Алгоритм расчета контрольной суммы CRC8.....	24
Алгоритм расчета контрольной суммы CRC32.....	25

Постановка задачи.

Необходимо разработать и реализовать систему, при помощи которой можно было бы дистанционно управлять любыми электроприборами, в том числе даже не предназначенными для этого, например, настольной лампой. Под дистанционным управлением следует понимать возможность осуществить включение и выключение, а так же, для приборов освещения и нагрева, изменить уровень их мощности. Система должна быть расширяемой, т.е. добавление новых управляемых объектов в нее не было бы сопряжено ни с какими серьезными проблемами. Вмешательство в конструкцию электроприборов должно быть минимальным или вообще отсутствовать.

Параллельно, система должна позволять получать информацию с различных устройств так же дистанционно, например, от датчиков температуры или движения.

Реализация системы должна предусматривать включение в ее состав компьютера для обеспечения управления электробытовыми приборами по заранее определенному алгоритму и приему и обработки информации с дистанционных датчиков.

Помимо компьютера, управление электроприборами должно быть возможно с какого-либо портативного пульта управления, желательно беспроводного, единого для всех управляемых устройств.

Предлагаемое решение.

Каждый управляемый электроприбор подключается к устройству, условно называемому адаптером, который в свою очередь подключается к бытовой сети 220В и как раз и обеспечивает реализацию дистанционного управления. В некоторых случаях, адаптер может встраиваться в электроприборы, например, в люстры или настольные лампы, стенные розетки и выключатели и т.п. Это как раз и дает выполнение требования о минимальном вмешательстве в конструкцию приборов.

Для передачи в адаптер команд дистанционного управления используется сама электропроводка питания, что позволит в пределах квартиры подключать любое количество электроприборов, при этом изменений в проводку делать не требуется.

Устройства, которое собственно и формирует команды управления, при помощи специального «адаптера» так же подключается к сети. Через аналогичный адаптер возможен и прием и передача информации в компьютер.

Таким образом, имеем некое подобие *локальной информационной сети*, в которой физической средой передачи информации выступает силовая бытовая электропроводка. В качестве узлов этой локальной сети выступают устройства приема информации – адаптеры электроприборов и устройства передачи информации – пульты управления или компьютер. Возможно совмещение обеих функций в одном устройстве.

Для передачи информации по силовой проводке применяются высокочастотные импульсы, определенным образом кодирующие команды управления. Для исключения проникновения этих импульсов за пределы квартиры применяются фильтры-пробки, установленные сразу после счетчика электроэнергии на вводе в квартиру.

Термины.

Устройство – электронный модуль, способный принимать и(или) передавать информационные пакеты по силовой электропроводке, обеспечивая при необходимости управление транзитной передачей через себя тока сети на потребителя (управляемый электроприбор). Устройство может быть встраиваемым в электроприбор (в виде отдельной электронной платы), совмещенным с электроустановочным изделием (выключателем, розеткой, удлинителем и т.п.) или самостоятельным изделием в виде адаптера, включаемого в электророзетку, или иного исполнения.

Сеть – информационная сеть. Далее по тексту для различия терминов слово сеть используется именно в этом контексте, а термин «силовая проводка» используется в качестве синонима «сеть 220В».

Узел – элемент сети, способный принимать и(или) передавать информацию одному или нескольким другим узлам сети.

Пакет, информационный пакет – последовательность сигналов в канале, несущая информацию. Пакет состоит из отдельных полей, каждое из которых имеет определенную функциональную значимость.

Канал – логическая среда передачи информации.

CRC – контрольная сумма. Особо рассчитанное число, служащее для проверки достоверности приема пакета (отсутствия ошибок).

ESR – код, исправляющий ошибку. Особо рассчитанный код (число), позволяющие не только обнаружить искажение информации в пакете, но и исправить некоторые ошибки.

Принципы построения системы.

Узлы сети могут быть двух видов: **ведущие** и **ведомые**.

В свою очередь, ведомые могут быть **активными** и **пассивными**.

Пассивный ведомый узел (ПВУ) способен только принимать пакеты и исполнять находящиеся в них команды. Не существует способа через обмен по сети узнать состояние ПВУ.

Активный ведомый узел (АВУ) способен передать информацию в ответ на запрос, находящийся в принятом пакете. Узел этого типа не может самостоятельно начинать передачу информации, кроме как по команде от ведущего узла.

Далее оба типа ведомых узлов, если не требуется их разделение, обозначаются единым термином «**принимающий узел**» (ПУ).

Ведущий узел (ВУ) генерирует пакеты с командами и передает их одному или нескольким ведомым узлам или другому ВУ, который в этот момент становится ведомым (исполнительным).

Каждый узел сети обладает уникальным адресом, по которому возможно выделить его среди остальных. Каждый пакет содержит информацию о ПУ, для которого (или для которых) он предназначен.

Сеть может состоять в общем случае из произвольного количества ведущих и ведомых узлов. Подобный принцип построения сети приводит к тому, что возможны моменты, когда передачу начинают одновременно несколько ВУ, в этом случае возникает конфликт передачи (коллизия). Для гарантированной доставки пакетов в таких условиях разработан специальный протокол обмена пакетами.

Описание канального протокола обмена.

В настоящем разделе рассматривается низкоуровневый протокол обмена, т.е. без рассмотрения логического значения содержимого пакета.

Протокол обмена строится на нескольких процедурах, позволяющих гарантировать доставку пакета от ВУ к ПУ. Процедура передачи – состоит из захвата канала, передачи пакета и приема подтверждения (ответа). Процедура приема – состоит из ожидания начала передачи, приема пакета, обработки его и передачи ответа. ВУ всегда ожидает приема ответа от ПУ, однако не каждое ПУ и не во всех случаях этот ответ передает, о чем будет сказано при рассмотрении протокола обмена верхнего уровня или протокола управления.

Каждому ВУ присваивается два идентификатора – **ПРИОРИТЕТ (PR)** и **ИНДЕКС (IDX)**. Первый идентификатор определяет номер группы для нескольких однотипных ВУ, например, датчиков температуры. Второй же – уникальный номер для всех ВУ одного типа, т.е. приоритета. Недопустимо наличие в сети устройств, у которых одновременно одинаковы PR и IDX.

Если несколько ВУ начинают одновременную передачу, то в результате процедуры разрешения коллизий остается единственный передающий ВУ – тот, у которого наибольший приоритет среди ВУ с разными приоритетами и наибольший адрес среди ВУ одного приоритета.

Реализуется процедура разрешения коллизий на этапе захвата канала. Для рассмотрения работы процедуры примем следующее:

$T_{\max}$	Максимальное время прослушивания канала ВУ с наименьшим (нулевым) приоритетом.
t	Фиксированный «квант» времени, определенный протоколом обмена.

Справедливы следующие соотношения:

$$T_{\max} > 255 \cdot (t + 1) \cdot t$$

$$IDX \leq 255$$

$$PR \leq 15$$

Конкретные величины временных интервалов приведены в приложении.

Процедура захвата канала.

ВУ, желающее передать пакет, начинает «прослушивать» канал на предмет занятости другими процедурами обмена. Если в канале обнаруживается любой сигнал, то канал считается занятым и процедура захвата продолжает ждать его освобождения. Если обнаруживается, что канал свободен в течение времени $T = T_{\max} - (PR \cdot 255 + IDX) \cdot t$, то ВУ начинает передачу импульса **СТАРТ (START)**, состоящего из передачи сигнала в течение времени T_{startHI} и последующей паузы (**LOOK** – прослушивания канала) в течение времени T_{startLO} :

$$T_{\text{startHI}} = (PR \cdot 255 + IDX) \cdot t$$

$$T_{\text{startLO}} = 2T_{\max} - T_{\text{startHI}}$$

Очевидно, что $T_{\text{startHI}} + T_{\text{startLO}} = 2T_{\max}$, т.е. величина постоянная для любых ВУ.

Если обнаруживается, что в течение периода прослушивания канала T_{startLO} канал остается свободным, то процедура захвата канала считается завершенной, канал – захваченным, и ВУ приступает к передаче пакета. Если во время прослушивания канала обнаруживается наличие сигнала, то это свидетельствует о том, что более приоритетный ВУ пытается захватить канал, и в этом случае ВУ должно завершить процедуру захвата канала и перейти к процедуре приема пакета. Продолжение попыток передачи возможно после завершения приема и обработки пакета с самого начала.

Таким образом, ВУ, имеющее более высокий приоритет, слушает линию перед передачей импульса **START** и после него **МЕНЬШЕ**, а сам импульс передает **ДОЛЬШЕ**, что позволяет в случае случайно одновременно начатых передач несколькими ВУ надежно определить, надо ли прекратить захват канала или можно продолжить. Вероятность та-

кой коллизии достаточно мала, так что основной отсев коллизий должен произойти еще на этапе прослушивания линии перед ее захватом – более приоритетному ВУ надо меньше времени, чтобы начать захват после последней передачи, соответственно, его шансы повышаются. Чтобы обеспечить более-менее одинаковую возможность передавать пакеты ВУ с разными приоритетами, после завершения передачи любой ВУ должен начинать следующую попытку захватить канал через время, не меньшее $T_{startIII}$. Так как обмен по сети между узлами ведется одиночными короткими пакетами, т.е. интенсивного обмена не предусматривается¹, в большинстве случаев последнее требование можно не выполнять.

Процедура передачи пакета.

Правильнее было бы говорить о процедуре обмена, т.к. протоколом обмена предусматривается в рамках одной сессии как передача информации от ВУ к ведомому узлу, так и прием ВУ ответа от ведомого.

Физически каждый бит пакета передается следующим образом: сначала ВУ передает синхроимпульс **SYNC** длительностью T_{sync} , а затем собственно значение передаваемого бита. Для передачи значения бита отводится время T_{bit} . При передаче логического нуля в канал не передается ничего, т.е. канал остается свободным, а при передаче логической единицы – не менее $\frac{2}{3}T_{bit}$ и не более $\frac{5}{6}T_{bit}$ передается сигнал. Конкретные величины всех временных интервалов приведены в приложении.

После того, как ВУ закончит передачу всех битов пакета, он сразу переходит к приему ответа от ведомого узла. При этом ВУ продолжает формировать синхроимпульсы, но вместо передачи информационных битов производит считывание сигнала в канале. Ведомый же узел должен в ответ на каждый синхроимпульс сформировать нужный сигнал в канале, по тем же правилам, что и при передаче от ВУ.

Процедура приема пакета.

ПУ ожидает в канале наличия импульса **START**. В качестве такого импульса принимается любой, длительность которого оказывается более $PR*255*t$. обнаружив такой импульс, ПУ считает, что обнаружен импульс **START** и, дождавшись его окончания, переходит к процедуре приема пакета.

В этом случае ПУ ожидает появления синхроимпульса в канале. Обнаружив высокий уровень в канале, через время T_{sync} , ПУ опрашивает состояние канала, считывая тем самым значение передаваемого бита, после чего переходит к ожиданию следующего синхроимпульса и т.д. до приема всего пакета.

После приема ПУ осуществляет проверку пакета на целостность при помощи CRC (или ECR)². В случае если пакет принят верно, производится анализ его полей и выполнение команды, после чего формируется слово ответа, которое и должно быть незамедлительно передано ВУ, как было рассмотрено ранее. Под словом ответа подразумевается часть информационного пакета, предназначенная для этого. Полный формат пакета приведен в приложении.

Вспомогательная процедура считывания значения бита из канала.

Считывание значения передаваемого бита и ВУ и ПУ ведут абсолютно одинаково. Так как ВУ и ПУ могут обладать весьма различным быстродействием и различной точностью формирования временных интервалов, под область передачи значения бита выделяется достаточно большой промежуток времени, но его рамки весьма расплывчаты, поэтому, для гарантированно точного определения значения бита (тем более при наличии помех

¹ На этапе версии 1.00 протокола. Что будет дальше – покажет время.

² Формат пакета предусматривает поле для CRC или ECR, однако конкретный алгоритм их получения в настоящем документе не рассматривается.

8 Описание канального протокола обмена.

в канале) производится троекратное считывание уровня в канале и результирующее значение определяется как сумма по модулю 2 этих трех значений.

Временные параметры импульсов при считывании бита приведены в приложении.

Протокол управления.

Ранее рассмотренный протокол обеспечивал гарантированную доставку пакета от ВУ к ПУ, содержимое пакета в расчет не принималось. Протокол управления обеспечивает реализацию логического взаимодействия между узлами.

Для организации взаимодействия принят метод передачи команд, т.е. в общем случае пакет, передаваемый ВУ, содержит некую команду и, при необходимости, дополнительные параметры для нее, а ПУ должен проанализировать их и выполнить то или иное действие.

В протоколе обмена пакет рассматривается не просто как набор информационных битов, но как определенный набор полей, значение которых строго фиксировано и имеет специальное назначение. В описании протокола управления наряду с термином «узел» используется «устройство», как материальная реализация абстрактного понятия узла сети.

Далее будут упоминаться подтверждения о приеме пакетов, передаваемые активными устройствами. В этой связи следует, забегая вперед, уточнить, что подтверждение выдается только при приеме адресных пакетов, но никак не групповых или многоадресных, о чем подробно будет сказано далее в разделе, посвященном способам адресации устройств.

Формат пакета.

Номер поля	Наименование	Размер, бит	Назначение
1	GROUP	4	Код группы устройства по функции
2	ROOM	4	Код помещения устройства
3	ADDR	8	Индивидуальный адрес (номер) устройства
5	COMMAND	8	Команда
6	PARAM1	8	Параметр команды №1
7	PARAM2	8	Параметр команды №2
8	CRC8	8	Контрольная сумма первой части пакета
9*	DATA	0...255	Дополнительные данные
10*	CRC32	32	Контрольная сумма дополнительных данных
(9/11)	ANSWER	8	Ответ приемника

* - эти поля являются дополнительными и присутствуют только при определенных значениях поля команды.

Поля пакета.

GROUP.

Поле кода группы устройства по функции.

Каждое устройство должно принадлежать одной из предопределенных групп по функциональным возможностям и назначению. Значение этого поля используется как значение приоритета, если устройство может быть ВУ.

GROUP	Описание
0	<i>Зарезервировано (не используется на практике)</i>
1..2	Низкоприоритетные устройства
3	Выключатели нагрузки одиночные
4	Выключатели многоканальные
5	Регуляторы
6	Регуляторы мощности нагревательных приборов (ШИМ)
7	Датчики аналоговых величин

10 Протокол управления.

GROUP	Описание
8	Датчики контактные
9	Приводы
10	Транспондеры (ретрансляторы команд)
11	Интерфейсные адаптеры
12...14	Высокоприоритетные устройства
15	<i>Зарезервировано для супервизора системы</i>

Функциональные группы объединяют в себе устройства со сходными свойствами. Так, например, в группу 1 входят выключатели встраиваемые в электробытовые приборы, розетки, тройники, удлинители. А в группу 3 могут входить как регуляторы яркости светильников, так и, например, аудиоэквалайзеры.

Группы 1 и 2 предназначены для новых низкоприоритетных устройств свободной классификации.

Группы 12...14 предназначаются для новых высокоприоритетных устройств свободной классификации.

Группы 0 и 15 не должны использоваться в любых устройствах. Значение группы 0 будет рассмотрено далее при описании способов адресации устройств. Группа 15 закреплена над сверхприоритетными устройствами, данная группа рассчитана на перспективу.

ROOM.

Поле кода помещения устройства.

Может принимать значения от 1 до 15. Условно можно связать значение этого поля с номером комнаты или помещения в доме (квартире).

Значение 0 зарезервировано, будет рассмотрено далее при описании способов адресации устройств.

ADDR.

Индивидуальный адрес (номер) устройства.

Каждое устройство в пределах своей группы (поле GROUP) и помещения (ROOM) должно иметь уникальный номер, указываемый в этом поле.

Недопустимо наличие в системе нескольких устройств с совпадающими комбинациями всех трех полей GROUP, ROOM и ADDR.

Подробное описание назначения указанных полей рассмотрено далее, при описании способов адресации устройств.

COMMAND, PARAM1 и PARAM2.

Поле команды и поля дополнительных параметров.

Эти поля рассматриваются вместе, так как тесно взаимосвязаны друг с другом.

Поле **COMMAND** определяет действие, которое ПУ должен выполнить, получив пакет. По значению этого поля определяется смысл полей параметров пакета, а так же наличие в пакете дополнительных полей. В настоящее время определены следующие команды:

Команда	Значение поля	Описание
NONE	0	Нет команды, нет действий
RESET	1	Сброс устройства
DEFAULT	2	Установка устройства в состояние по умолчанию
OFF	3	Выключить
ON	4	Включить
STORE	5	Запомнить состояние

Команда	Значение поля	Описание
RESTORE	6	Восстановить ранее запомненное состояние
VALUE	7	Уровень
GET STATUS	8	Вернуть слово состояния устройства
GET VALUE	9	Вернуть установленный уровень
PRESENT	10	Оповещение о готовности устройства
CONFIG	11	Конфигурирование устройства
EXTEND	12	Расширенная команда
DATA	13	Пакет с дополнительными данными
LOCK	14	Блокировать
UNLOCK	15	Разблокировать

Подробное описание команд и соответствующих им параметров.

В описании команд и параметров, если не указано явно значение одного или обоих полей параметров, подразумевается, что значение игнорируется устройством. Рекомендуется присваивать игнорируемым полям значение 0FFh.

Для выдачи подтверждения должны использоваться следующие байты:

Наименование	Значение	Описание
OK	0Fh	Команда принята и выполнена успешно
INVALID COMMAND	10h	Пакет принят, но команда недопустима
ERROR	11h	Ошибка приема пакета
ERROR DATA	12h	Ошибка приема дополнительных данных
FAULT	13h	Ошибка при выполнении команды (сбой)
DAMAGE	14h	Устройство неисправно
BUSY	15h	Устройство приняло пакет, но его обработка отложена, т.к. устройство занято

NONE.

Пустая команда.

Параметры: нет.

Подтверждение: всегда ОК.

Устройство не выполняет никаких действий.

Команду обязаны поддерживать все устройства.

RESET.

Сброс устройства.

Параметры: нет.

Подтверждение: требуется.

По этой команде устройство должно произвести внутреннюю переинициализацию программы и всех своих узлов, после чего перейти в состояние по умолчанию (DEFAULT). При подаче напряжения питания устройство должно выполнить действия, соответствующие приему этой команды, кроме выдачи подтверждения.

Команду обязаны поддерживать все устройства.

DEFAULT.

Установка устройства в состояние по умолчанию.

Параметры: нет.

Подтверждение: требуется.

По этой команде устройство должно перейти в состояние, определенное как умалчиваемое. Такое состояние может для одних устройств задаваться на этапе их изготовления (жестко), для других же может быть определено в процессе работы устройства.

Команду обязаны поддерживать все устройства.

OFF.

Выключить.

Параметры: PARAM1= [№ канала]

Подтверждение: требуется.

Устройство должно выполнить отключение указанного в PARAM1 канала. Если канал единственный, значение поля PARAM1 игнорируется.

ON.

Включить.

Параметры: PARAM1 = [№ канала]

Подтверждение: требуется.

Устройство должно выполнить включение указанного в PARAM1 канала. Если канал единственный, значение поля PARAM1 игнорируется.

STORE.

Запомнить состояние.

Параметры:

PARAM1 = 0, PARAM2 = 0 – запомнить, как состояние по умолчанию

PARAM1 = 1, PARAM2 = [N] – запомнить, как вариант номер N

Подтверждение: требуется.

При приеме этой команды устройство должно произвести запоминание всех своих изменяемых параметров в качестве либо значений состояния по умолчанию, либо (если такая функция поддерживается) в качестве одного из вариантов настроек.

Если устройство не поддерживает функцию многовариантных настроек, оно должно при получении команды с PARAM1=1 вернуть код INVALID COMMAND.

RESTORE.

Восстановить ранее запомненное состояние.

Параметры:

PARAM1=0, PARAM2 = 0 – команда аналогична команде DEFAULT.

PARAM1=1, PARAM2=[N] – восстановить вариант N

Подтверждение: требуется.

При приеме этой команды устройство устанавливает все свои изменяемые параметры в значения, которые были ранее запомнены по команде STORE. Если оба параметра равны нулю – команда равносильна команде DEFAULT, в противном случае используется один из вариантов настроек.

Как и для команды STORE, устройство должно вернуть код INVALID COMMAND, если оно не поддерживает многовариантные настройки.

VALUE.

Уровень.

Параметры:

PARAM1	PARAM2	Действие
0	№ канала	Увеличить уровень указанного канала на 1 шаг
1	№ канала	Уменьшить уровень указанного канала на 1 шаг
2 + V	№ канала	Установить уровень указанного канала в значение V (в процентах)
200	N	Установить N каналов в заданные значения

Подтверждение: требуется.

При приеме этой команды устройство должно выполнить одно из следующих действий.

В первых двух случаях уровень заданного канала изменяется на 1 шаг. В случае достижения минимального или максимального значения устройство должно вернуть FAULT. Число шагов у разных устройств может быть разным.

В третьем случае устройство должно по заданному значению в процентах найти ближайший уровень канала в «шагах» и установить его. Так, при 16 шагах регулирования уровню в 30% будет соответствовать шаг 5, а при 100 шагах – шаг 30.

Последний вариант – особый. В этом случае пакет содержит два дополнительных поля (см. структуру пакета). При этом в поле DATA последовательно указаны уровни первых N каналов (в процентах). Если данные приняты без искажений, то устройство должно установить одновременно указанные каналы в указанные состояния.

Если задан недопустимый номер канала или недопустимое значение уровня, устройство возвращает INVALID COMMAND.

GET STATUS.

Вернуть слово состояния устройства.

Параметры: PARAM1 = код возвращаемой информации.

Подтверждение: требуется.

При получении этой команды устройство вместо подтверждения должно вернуть одно из следующих значений, в зависимости от значения PARAM1:

PARAM1	Возвращаемая информация
0	Вернуть обычное подтверждение (OK)
1	Вернуть число каналов управления или 0, если каналов нет
2	Вернуть OK, если число ступеней регулирования всех каналов одинаковое или 0 в противном случае.
3	Вернуть число ступеней регулирования или 0, если ступеней нет.
4	Вернуть 1, если устройство поддерживает команды ON-OFF или 0 в противном случае.
5	Вернуть 1, если устройство поддерживает настройку состояния по умолчанию и 0 в противном случае
6	Вернуть число вариантов запоминаемых настроек устройства или 0, если запоминание не поддерживается.
7	Вернуть 1, если устройство сейчас включено или 0, если выключено

14 Протокол управления.

При иных значениях поля PARAM1 устройство должно вернуть INVALID COMMAND.

GET VALUE.

Вернуть установленный уровень.

Параметры:

PARAM1=0, PARAM2=[№ канала] – вернуть уровень указанного канала

PARAM1=1, PARAM2=N – вернуть уровни N каналов

Подтверждение: требуется.

Получив эту команду, устройство возвращает текущий уровень указанного канала в процентах. В случае недопустимого номера канала возвращается INVALID COMMAND.

PRESENT.

Оповещение о готовности устройства.

Параметры:

PARAM1 = [группа и помещение устройства]

PARAM2 = [адрес устройства]

Подтверждение: не требуется (пакет всегда передается широковещательно – см. далее).

Пакет с этой командой передается активным устройством через некоторое время после того, как на него будет подано питание. В параметрах устройство сообщает свой адрес.

Пакет служит для того, чтобы другие устройства системы могли узнать о появлении нового активного устройства.

CONFIG.

Конфигурация устройства.

Параметры: зарезервированы.

Подтверждение: требуется.

Пакет зарезервирован для будущих расширений функциональности системы. Предполагается, что по этой команде устройство будет производить перенастройку собственных режимов работы, функций и параметров.

EXTEND.

Расширенная команда.

Параметры: зарезервированы.

Подтверждение: требуется.

Пакет предназначен для будущих расширений функциональности системы. Предполагается, что при помощи параметров будут переданы в устройство команды, не предусмотренные в настоящее время.

DATA.

Пакет с дополнительными данными.

Параметры: PARAM1 = [длина дополнительных данных в байтах]

Подтверждение: требуется.

Пакет служит для передачи большого количества информации за один раз. После дополнительных данных передается 32-разрядная контрольная сумма этих данных. Назначение переданных данных определяется принимающим устройством.

LOCK.

Блокировать.

Параметры:

PARAM1	PARAM2	Действие
0	0	Блокировать до команды UNLOCK
1	T	Блокировать на T секунд или до UNLOCK
2	T	Блокировать на T секунд или до RESET
3	T	Блокировать на T секунд
4	x	Блокировать до RESET

Подтверждение: требуется во всех случаях, когда ответ не равен ОК.

По этой команде устройство переходит в состояние блокировки на заданное время или до получения указанной команды. В этом состоянии устройство не начинает собственную передачу, даже если это требуется логикой его работы, а так же игнорирует любые команды, кроме снимающих блокировку.

Особый случай, когда PARAM1=3. После получения такой команды устройство должно прекратить анализ состояния канала на указанное время. Эта команда введена для того, чтобы обеспечить возможность передачи по каналу пакетов иного формата или иной информации.

Устройство, находящееся в состоянии блокировки не должно так же изменять своего состояния при воздействии на него внешними органами управления (если таковые имеются). Устройство, обладающее способностью запоминать свое состояние, обязано сохранить состояние блокировки после снятия и повторной подачи питающего напряжения, кроме случая блокировки на время.

Как правило, индикация состояния блокировки внешними индикаторами не предусматривается (режим скрытой блокировки).

Команду обязаны поддерживать все устройства.

Примечание. Устройство должно выдавать подтверждение, даже если пакет передан группе устройств. Для блокировки нескольких устройств не достаточно передать команду группе. Необходимо повторять данную команду до тех пор, пока не будет принят нулевой байт в ответе.

UNLOCK.

Разблокировать.

Параметры: отсутствуют.

Подтверждение: требуется.

Команда переводит устройство в обычное состояние, если состояние блокировки это позволяет. Как правило, устройство не должно помнить события, о которых оно обычно уведомляет ведущего, и которые происходили в состоянии блокировки, хотя это не является обязательным требованием.

CRC8

Поле контрольной суммы пакета.

В этом поле помещается контрольная сумма всех предыдущих полей пакета. Алгоритм расчета контрольной суммы приведен в приложении. Назначение поля – гарантировать отсутствие искажений данных в пакете. ПУ должно вычислить контрольную сумму первых 5 полей (4 байтов) и сравнить ее со значением этого поля. Пакет считается принятым без искажений, если оба значения равны.

DATA

Поле дополнительных данных.

Это поле не является обязательным.

Оно содержит произвольные данные (количеством от 1 до 255 байт).

CRC32

Поле контрольной суммы дополнительных данных

Это поле обязательно присутствует только вместе с полем DATA, так как содержит 32-разрядную контрольную сумму всех байтов данных этого поля. Алгоритм расчета контрольной суммы приведен в приложении.

Назначение поля – гарантировать отсутствие искажений данных. Поле должно использоваться аналогично полю CRC8.

ANSWER

Поле ответа приемника.

Это поле обязательно присутствует в конце пакета и содержит данные, передаваемые от ПУ в ВУ. Это поле содержит результат процедуры приема пакета.

В большинстве случаев обмена, в этом поле содержится информация о том, доставлены ли данные без искажений и каков результат обработки этих данных ПУ.

Хотя это поле содержит данные, логически передаваемые в «обратном» направлении, оно составляет единое целое с пакетом, т.к. без этого поля сессия (сеанс) связи ВУ и ПУ считается недействительной.

Адресация устройств системы.

Для указания устройства или нескольких устройств, которым предназначен пакет, используются три поля пакета: **GROUP**, **ROOM** и **ADDR**.

Не смотря на то, что каждое поле имеет функциональное назначение, при разработке конкретного проекта системы допускается трактовать значение этих полей иначе, учитывая особенности их обработки ПУ.

При различных комбинациях значений этих полей возможно организовать несколько различных вариантов адресации пакетов. В таблице приведены основные варианты адресации. По типу адресации подразделяются и пакеты.

GROUP	ROOM	ADDR	Адресация
0	0	0	Широковещательная глобальная
X	X	0	
0	0	X	Широковещательная адресная (простая)
0	X	0	Широковещательная по помещению
0	X	X	Широковещательная адресная по помещению
X	0	0	Широковещательная по группе
X	0	X	Широковещательная адресная по группе
X	X	X	Абсолютная

Знаком X в таблице обозначено любое ненулевое значение.

Широковещательные способы адресации позволяют организовать одновременное управление несколькими устройствами, имеющими определенные общие свойства. При приеме широковещательных пакетов выдавать подтверждение не допускается, кроме приема пакета с командой LOCK.

Широковещательная глобальная адресация.

Предназначена для передачи пакета одновременно всем устройствам системы. получив пакет, в котором все адресные поля нулевые, устройство обязано выполнить находящуюся в нем команду.

Широковещательная адресная адресация.

Как следует из таблицы, существует три разновидности широковещательной адресной адресации: **простая**, **по группе** и **по помещению**.

Практическая ценность данных типов адресации невелика, так как совпадающие адреса могут иметь устройства системы, не имеющие никаких функциональных, логических и иных свойств, например, датчик температуры и механизм открывания гаражных ворот.

Не рекомендуется использование данных видов адресации в практических системах.

Широковещательная адресация по помещению.

Позволяет передать пакет сразу всем устройствам одного помещения.

Эффективный метод управления приборами освещения и терморегулирования в помещениях.

Широковещательная адресация по группе.

Позволяет передать пакет группе однотипных устройств, даже находящихся в различных помещениях.

Эффективная команда для систем контроля и оповещения, а так же управления нагревательными установками и освещением.

Абсолютная адресация.

Позволяет передать пакет единственному устройству системы.

Наиболее употребимый способ адресации. Рекомендуется использовать этот способ во всех случаях, когда не требуется абсолютно³ одновременного срабатывания нескольких устройств. В этом случае обязательно выдается подтверждение приема и исполнения команды активными устройствами.

³ Разумеется, с какими-то допусками.

Принципы конструирования устройств системы.

Система должна строиться из устройств различного типа, как из строительных блоков. Чтобы удовлетворять этому главному требованию, следует придерживаться при разработке устройств следующих основных ориентиров.

Простота.

Конструктивно устройство должно быть максимально простым и миниатюрным. Чем меньше органов управления и регулировки, чем технологичнее производство и проще монтаж, тем лучше. Желательно как можно большее количество устройств делать максимально взаимозаменяемыми по габаритным и установочным параметрам со стандартными аналогичного назначения, например, выключателями или розетками. Это делается для того, чтобы устройство могло быть смонтировано непосредственно взамен имеющегося человеком, обладающим минимумом электромонтажных навыков.

Функциональность.

По мере возможности следует наделять каждое устройство максимумом функций, если нет ограничений по цене изделия. Такой подход позволяет с меньшими накладными расходами строить гибко развивающуюся систему.

Разнообразие.

Любое устройство должно разрабатываться в различных вариантах исполнения: в виде законченного установочного изделия, встраиваемого корпусного блока, встраиваемой платы, внешнего блока и т.п. Так же разнообразными должны быть и варианты функциональности устройства, например выключатель, выключатель с памятью, выключатель с контролем протекающего тока через нагрузку, выключатель с плавным включением лампы накаливания и т.п. такой подход позволит строить системы разного ценового уровня или же обеспечивать пользователя «конструктором» для самостоятельной сборки системы.

Особенно ярко этот аспект может быть замечен в способах задания адреса и помещения устройства. Тут возможны варианты исполнений, сильно различающиеся по цене и конечному удобству монтажа: от программируемых с помощью компьютера до устройств с фиксированными адресами и кодами помещений.

Внешний вид.

За исключением встраиваемых одноплатных устройств, следует стремиться обеспечить максимально презентабельный внешний вид любого изделия. Самый доступный способ – использовать готовые заводские изделия (например, выключатели и розетки) для последующей доработки.

Надежность и гарантии.

Надежность устройств должна рассматриваться в первую очередь с точки зрения электро- и пожаро-безопасности. Ни какие части устройства при нормальной работе не должны нагреваться более чем до 60°C. Корпуса устройств должны быть из негорючих или не распространяющих (не поддерживающих) горение. Желательно использование предохранителей для исключения коротких замыканий как по причине неисправности нагрузок устройства, так и неисправности самого устройства.

Затем следует стремиться к максимальной надежности передачи информации по сети при одновременном минимуме мешающих помех другим электробытовым, особенно теле- и радио-приемным устройствам.

20 Принципы конструирования устройств системы.

Наконец, в третью очередь надо обеспечивать максимальный срок службы устройств. Желательно, чтобы каждое устройство имело встроенные средства защиты от недопустимых нагрузок, неправильного подключения и т.п.

Для поддержания гарантии следует учесть, что гарантия на устройство и систему – абсолютно разные вещи. Каждое устройство должно быть быстрозаменяемым по гарантии, но принять всю систему на гарантийное обслуживание можно только при полной уверенности в монтаже системы.

Маркировка и сопроводительная документация.

Каждое устройство должно быть промаркировано в соответствии с принятой классификацией. Данная классификация должна позволять однозначно идентифицировать все характеристики устройства. Рекомендуется ведение базы данных по изготовленным устройствам.

Рекомендуется использовать помимо символьной маркировки маркировку штрих-кодом.

Каждое устройство (или комплект однотипных устройств) должно быть укомплектовано информационным листом (паспортом), в котором помимо сведений о гарантиях, должны быть приведены рекомендации (инструкции) по монтажу и эксплуатации.

Приложения.

Система маркировки устройств.

Каждое устройство маркируется буквенно-цифровым кодом следующего формата:

Позиция	Значение	Символ	Описание
1	Тип устройства	M	Ведущее устройство
		SP	Ведомое пассивное устройство
		SA	Ведомое активное устройство
		N	Устройство вне данной классификации
2	Код группы устройства	Число от 01 до 15	Значение соответствует полю GROUP в пакетах
3	Вариант исполнения	0	встраиваемый бескорпусный
		1	встраиваемый корпусный
		2	функционально и габаритно совместимый со стандартным
		3	типа «адаптер» или «переходник»
4	—		
5	Номер разработки	число	порядковый номер разработки
6	Особенности (могут комбинироваться)	P	программируемый адрес
		S	адрес задается переключателями во всем диапазоне
		A<0...F>	переключателями задается только младшая тетрада адреса, в этом случае после символа следует HEX-число – значение старшей тетрады адреса
		R<0...F>	номер помещения фиксирован (указан в символе)
		M<N>	наличие встроенной памяти на N состояний
		I	Индикатор
		T	Часы
		Z	Наличие связи с компьютером
		H	Наличие связи с телефонной сетью

Пример.

M113-112PZ – устройство управления типа интерфейсный адаптер, 112 разработка, обладает программируемым адресом и возможностью связи с компьютером, исполнение в виде корпуса-адаптера.

Характеристики сигналов протокола обмена.

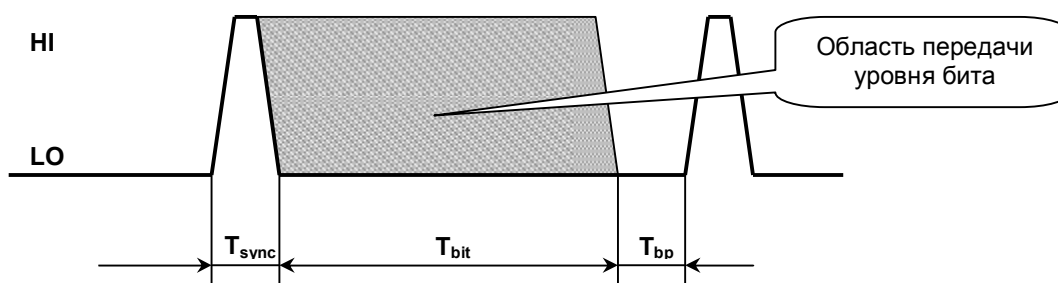
Общая структура сигналов сессии обмена.

Захват канала		Передача пакета				Прием ответа			
START	LOOK	Бит 0	Бит 1	...	Бит 63	Бит 0	Бит 1	...	Бит 7
T_{start}	T_{look}								

Структура приведена для случая передачи пакетов с любой командой, кроме DATA, т.е. без дополнительных данных.

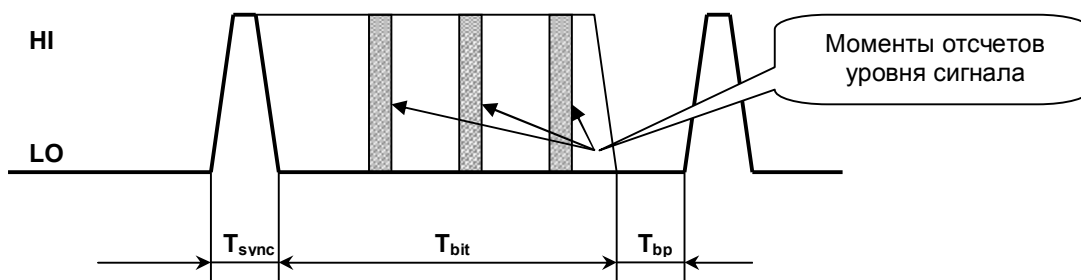
Структура процесса передачи бита

Синхроимпульс	Передача значения бита	Пауза
T_{sync}	T_{bit}	T_{pb}



Структура процесса приема бита

Синхроимпульс	Пауза	Отсчет 3	Пауза	Отсчет 2	Пауза	Отсчет 3	Пауза
T_{sync}	22 мкс	2 мкс	22 мкс	2 мкс	22 мкс	2 мкс	18 мкс



Вычисление результата приема бита.

Значения отсчетов			Результат чтения
1	2	3	
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Физические характеристики сигналов.

Вариант 1. Частотная модуляция.

Параметр	Символ	Единица измерения	Значение			Примечания
			Мин.	Типичное	Макс.	
Несущая частота сигнала	f_n	КГц		75		
Частота передачи лог. 0	f_0	КГц	70		71	
Частота передачи лог. 1	f_1	КГц	79		80	
Амплитуда сигнала, передаваемого в линию	U_s	мВ	10	20	50	

Вариант 2. Частотная манипуляция.

Параметр	Символ	Единица измерения	Значение			Примечания
			Мин.	Типичное	Макс.	
Несущая частота сигнала	f_n	КГц	499	500	501	
Частота передачи лог. 0	f_0	КГц		0		
Частота передачи лог. 1	f_1	КГц		500		
Амплитуда сигнала, передаваемого в линию	U_s	мВ	10	20	50	

Общие для всех вариантов характеристики.

Параметр	Символ	Единица измерения	Значение			Примечания
			Мин.	Типичное	Макс.	
Условный «квант» времени	t	мкс		1		
Время захвата канала максимальное	T_{max}				4110	
Длительность стартового импульса	$T_{startHI}$	мкс	256		4096	
Длительность паузы при захвате канала	$T_{startLO}$ или T_{look}		14		3854	
Длительность синхроимпульса	T_{sync}	мВ		10		
Длительность передачи значения бита	T_{bit}			80		
Длительность паузы в передаче бита	T_{pb}			10		

Алгоритм расчета контрольной суммы CRC8.

Алгоритм расчета контрольной суммы CRC32.

Пример проекта системы.

Условное название «Умный домофон».

На двери подъезда установлен электронный замок (устройство 1), а так же пульт вызова с разъемом ключа типа iButton (устройство 2). Кроме того установлена видеокамера над дверью. Все устройства соединены с домово́й электропроводкой, видеосигнал от камеры распределен отдельным кабелем по всем квартирам, в которых установлены коммутаторы видеосигнала (устройство 3). Так же в квартирах установлены переговорные устройства с кнопкой управления замком двери подъезда и функцией программирования новых ключей iButton. Эти переговорные устройства так же включены в сеть (устройство 4).

Возможны два варианта поведения системы: гость и хозяин..

1. Гость, подойдя к двери подъезда, набирает номер квартиры, куда хочет войти. Дверной пульт посылает в указанную квартиру пакет с командой (например, EXTEND). Квартирный блок выдает звуковой сигнал, при этом одновременно подает команду на видеокоммутатор, который включает видеотерминал, а так же сообщает всем другим квартирным пультам (так же одной из команд) о том, что видеоканал занят, т.е. из других квартир теперь посмотреть, кто пришел, нельзя. Если хозяин квартиры дома и узнал гостя, он просто нажимает кнопку у себя на пульте, в результате чего отправляется команда замку и дверь открывается. После этого квартирный пульт оповещает все устройства о том, что можно пользоваться видеоканалом, и выключает свой видеотерминал. Если хозяин не узнал гостя, то он включает режим переговоров, при этом всем устройствам рассылается команда LOCK на 30 секунд, а затем по каналу при помощи ЧМ передается речь - переговоры между хозяином и гостем. Если хозяев дома нет, т.е. никто не приступает к каким-либо действиям с пультом в течение какого-то заданного времени, то квартирный пульт переключается в режим автоответчика, для чего так же блокирует канал, передает сообщение гостю и записывает его ответ.
2. Жилец дома подходит к двери подъезда и прикладывает свой ключ iButton к гнезду на дверном пульте. Пульт рассылает широковещательный пакет с кодом ключа, и квартирные пульта́ы проверяют каждый у себя, его ли это ключ или нет. Пульт, обнаруживший совпадение, дает команду открыть замок (или иную, которая запрограммирована самим хозяином квартиры).

Преимущества системы в сравнении с традиционным подходом:

- не надо прокладывать отдельных проводов к каждой квартире;
- не надо устанавливать централизованного «хранилища» ключей, каждый пользователь волен у себя в квартире программировать любое количество ключей;
- видеокабели прокладываются по самой примитивной схеме, при этом исключается возможность «подсматривания»;
- аналогично, исключена возможность подслушивания.