

Интерфейсы измерительных приборов

Современный измерительный прибор представляет собой сложное микроэлектронное устройство, выполняющее большое количество разнообразных задач направленных на получение информации, ее обработки и представления в заданном виде. Решение этих задач невозможно без применения современной элементной базы, все более широкого применения вычислительных средств и устройств автоматизации выполнения измерительных операций, а также средств доставки информации к потребителю. Технический прогресс приводит к неуклонному росту объемов передаваемой информации. Задачу обеспечения согласованной работы всех элементов прибора, а также групп приборов, невозможно решить без использования интерфейсов.

В словаре понятие интерфейс (interface) определено как граница раздела двух систем, устройств или программ; элементы соединения и вспомогательные схемы управления, используемые для соединения устройств.

По способу передачи информации интерфейсы подразделяются на **параллельные** и **последовательные**. В параллельном интерфейсе все биты передаваемого слова (обычно байта) выставляются и передаются по соответствующим параллельно идущим проводам одновременно. В последовательном интерфейсе биты передаются друг за другом, обычно по одной линии.

При рассмотрении интерфейсов важным параметром является пропускная способность. Вполне очевидно, что при одинаковых быстродействии приемопередающих цепей и пропускной способности соединительных линий по скорости передачи параллельный интерфейс должен превосходить последовательный. Однако повышение производительности за счет увеличения тактовой частоты передачи данных упирается в волновые свойства соединительных кабелей. В случае параллельного интерфейса начинают сказываться задержки сигналов при их прохождении по линиям кабеля, и, что самое неприятное, задержки в разных линиях интерфейса могут быть различными вследствие не идентичности проводов и контактов разъемов.

В последовательных интерфейсах, конечно же, есть свои проблемы повышения производительности, но, поскольку в них используется меньшее число линий (в пределе - одна), повышение пропускной способности линий связи обходится дешевле.

Для интерфейса, соединяющего два устройства, **различают три возможных режима обмена - дуплексный, полудуплексный и симплексный**. Дуплексный режим позволяет по одному каналу связи одновременно передавать информацию в обоих направлениях. Полудуплексный режим позволяет передавать информацию "туда" и "обратно" поочередно, при этом интерфейс имеет средства переключения направления канала. Симплексный (односторонний) режим предусматривает только одно направление передачи информации.

Другим немаловажным параметром интерфейса является допустимое удаление соединяемых устройств. Оно ограничивается как частотными свойствами кабелей, так и помехозащищенностью интерфейсов. Часть помех возникает от соседних линий интерфейса - это перекрестные помехи, защитой от которых может быть применение витых пар проводов для каждой линии. Другая часть помех вызывается искажением уровней сигналов.

Интерес представляют как **внутренние интерфейсы**, необходимые для быстрой связи между элементами прибора на коротких расстояниях, так и **внешние интерфейсы**, предназначенные обеспечивающие связь нескольких приборов между собой и вычислительными средствами.

С целью унификации подключения (состыковки) существующих, а также вновь создаваемых устройств разработан ряд **стандартных интерфейсов и протоколов обмена данными**.

Под **стандартным интерфейсом** понимается совокупность унифицированных аппаратурных, программных и конструктивных средств, необходимых для организации взаимодействия различных функциональных элементов в системах обработки и передачи данных. **Основной целью стандартизации интерфейсов** является обеспечение информационной совместимости подключаемых устройств.

В рамках **информационной совместимости** определяется функциональная и структурная организация интерфейса:

- согласованность взаимодействия функциональных элементов в соответствии со структурой и составом унифицированного набора шин
- процедуры взаимодействия и последовательности их выполнения для различных режимов взаимодействия устройств
- способ кодирования, форматы данных и управляющей информации
- временные соотношения между управляющими сигналами.

Электрическая совместимость предполагает согласованность статических и динамических параметров электрических сигналов.

Конструктивная совместимость предусматривает согласование конструктивных элементов интерфейса, предназначенных для обеспечения механического контакта электрических соединений и возможности замены схемных элементов и устройств.

Под **протоколом** понимается строго заданная процедура или совокупность правил, регламентирующая способ выполнения определенных функций, например, управления передачей данных между элементами сети.

В общем случае, для **передачи электрических сигналов необходимо два провода**, один из них считается информационным, а другой нулевым. При использовании одного нулевого провода на несколько информационных интерфейсов называется **несимметричным**. В случае **симметричного** интерфейса каждому информационному проводу соответствует свой нулевой провод.

Несимметричные интерфейсы позволяют экономить определенное количество цепей связи, однако за счет взаимного влияния цепей обладают меньшей помехоустойчивостью, что влияет на длину линии связи и скорость передачи данных.

Внутренние (внутриприборные) интерфейсы

Внутренние интерфейсы средств измерений предназначены для информационного взаимодействия элементов прибора с целью обеспечения их согласованной работы. Как правило, они связывают микропроцессорное ядро прибора с периферийными элементами - коммутаторами, АЦП, ЦАП, средствами отображения информации (индикаторы, цифровые и графические отсчетные устройства), средствами ввода информации и управляющих воздействий (пульты управления, клавиатуры и т.д.), памятью программ и данных, часами реального времени, а также с другими микропроцессорами в мультипроцессорных системах.

Особенностью внутренних интерфейсов является относительно небольшое расстояние, на которое необходимо передавать информацию (от сантиметров до единиц метров) и достаточно большие скорости передачи информации, что требуется для обеспечения высокого быстродействия средств измерений.

Высокое быстродействие обеспечивается использованием параллельных (подключение быстродействующих АЦП, микросхем памяти большой емкости) и современных последовательных интерфейсов (**I²C, SPI, MICRO-WIRE, LVDS** и др.). Скорость передачи данных составляет **от сотен килобит для последовательных интерфейсов до десятков мегабайт для параллельных интерфейсов**. С целью уменьшения количества выводов у микросхемы и упрощения интерфейса все более широкое распространение получают последовательные интерфейсы. Фирмы производители микросхем, как правило, выпускают сходные по характеристикам устройства, имеющие последовательный или параллельный интерфейс, что позволяет выбрать более удобную микросхему для решения поставленной задачи.

При небольших скоростях передачи обычно используются несимметричные интерфейсы, а при необходимости увеличения скорости передачи используются симметричные интерфейсы.

Интерфейсы АЦП и ЦАП.

Интерфейсы АЦП

Важную часть аналого-цифрового преобразователя составляет цифровой интерфейс, т.е. схемы, обеспечивающие связь АЦП с приемниками цифровых сигналов. Структура цифрового интерфейса определяет способ подключения АЦП к приемнику выходного кода, например, микропроцессору, микроконтроллеру или цифровому процессору сигналов. Свойства цифрового интерфейса непосредственно влияют на уровень верхней границы частоты преобразования АЦП.

Наиболее часто применяют способ связи АЦП с процессором, при котором АЦП является для процессора как бы одной из ячеек памяти. При этом АЦП имеет необходимое число адресных входов, дешифратор адреса и подключается непосредственно к адресной шине и шине данных процессора. Для этого он обязательно должен иметь выходные каскады с тремя состояниями.

Другое требование совместной работы АЦП с микропроцессорами, называемое программным сопряжением, является общим для любых систем, в которые входят ЭВМ и АЦП. Имеется несколько способов программного сопряжения АЦП с процессорами. Рассмотрим основные.

Проверка сигнала преобразования. Этот способ состоит в том, что команда начала преобразования "Пуск" периодически подается на АЦП от таймера. Процессор находится в цикле ожидания от АЦП сигнала окончания преобразования "Готов", после которого выходит из цикла, считывает данные с АЦП и в соответствии с ними приступает либо к следующему преобразованию, либо к выполнению основной программы, а затем вновь входит в цикл ожидания. Здесь АЦП выступает в роли ведущего устройства (master), а процессор - ведомого (slave). Этот способ почти не требует дополнительной аппаратуры, но пригоден только в системах, где процессор не слишком загружен, т.е. длительность обработки данных от АЦП меньше времени преобразования АЦП. Указанный способ позволяет максимально использовать производительность АЦП.

Если длительность обработки данных от АЦП составляет заметно больше времени преобразования АЦП, можно использовать вариант этого способа, отличающийся тем, что сигнал "Пуск" поступает от процессора. Процессор выполняет основную программу обработки данных, а затем считывает данные с АЦП и вновь запускает его. В этом случае процессор выступает в роли ведущего устройства, а АЦП - ведомого.

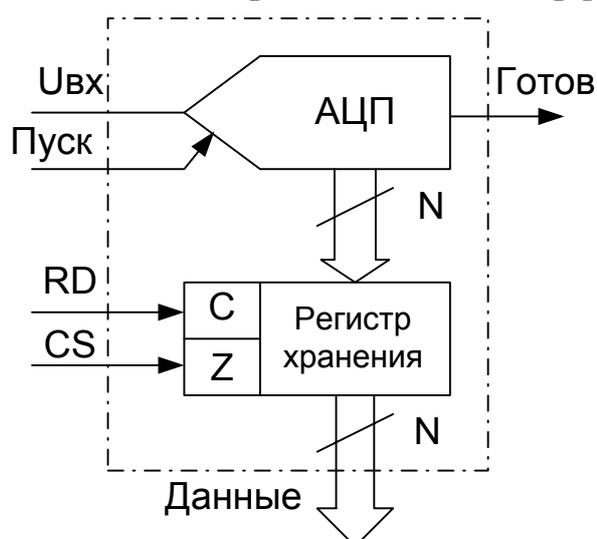
Простое прерывание. Выдав команду "Пуск", процессор продолжает работу по основной программе. После окончания преобразования формируется сигнал прерывания, который прерывает в процессоре вычисления и включает процедуру поиска периферийного прибора, пославшего сигнал прерывания. Эта процедура состоит в переборе всех периферийных устройств до тех пор, пока не будет найден нужный. Преимущество этого способа по сравнению с предыдущим проявляется в большем числе преобразований за одно и то же время, если используемый АЦП работает медленно. Если же АЦП быстродействующий, то этот способ работы может оказаться даже медленнее предыдущего, так как на обработку прерывания требуется значительное время.

Векторное прерывание. Этот способ отличается от предыдущего тем, что вместе с сигналом прерывания посылается и адрес программы обращения к данному АЦП. Следовательно, не нужно перебирать все периферийные приборы.

Прямой доступ к памяти. Здесь также используется прерывание, но в отличие от предыдущих двух способов, управление по системе прерывания передается на специальный интерфейс, который и производит перезапись данных преобразования в память, минуя регистры процессора. Это позволяет сократить длительность прерывания до одного такта. Номера ячеек памяти хранятся в адресном регистре интерфейса. Для этой цели выпускаются ИМС контроллеров прямого доступа к памяти.

В зависимости от способа пересылки выходного слова из АЦП в цифровой приемник различают преобразователи с последовательным и параллельным интерфейсами выходных данных. Последовательный интерфейс медленнее параллельного, однако он позволяет осуществить связь с цифровым приемником значительно меньшим количеством линий и в несколько раз сократить число выводов ИМС. Поэтому обычно параллельный интерфейс используется в параллельных и последовательно-параллельных АЦП, а последовательный - в интегрирующих. В АЦП последовательного приближения применяются как параллельный (например, 1108ПВ2), так и последовательный (например, AD7893) интерфейсы. Некоторые АЦП последовательного приближения (например, AD7892) имеют интерфейс обоих типов.

АЦП с параллельным интерфейсом выходных данных. В простейших случаях,

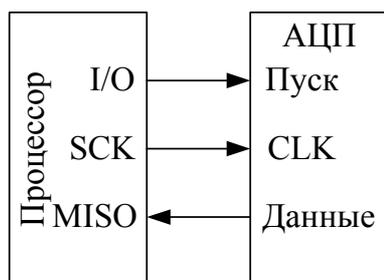


характерных для параллельных АЦП и преобразователей ранних моделей, интерфейс осуществляется с помощью N -разрядного регистра хранения, имеющего три состояния выхода. Здесь N - разрядность АЦП. На рисунке представлена функциональная схема такого АЦП. На нарастающем фронте сигнала "Пуск" устройство выборки и хранения преобразователя переходит в режим хранения и инициируется процесс преобразования. Когда преобразование завершено, на выходную линию "Готов" выводится импульс, что указывает на то, что в выходном регистре АЦП

находится новый результат. Сигналы "CS" (выбор кристалла) и "RD" (Чтение) управляют выводом данных для передачи приемнику.

Для того, чтобы упростить связь многоразрядного ($N > 8$) АЦП с 8-разрядным микропроцессором или микроконтроллером в некоторых микросхемах (например, MAX167) реализована побайтовая выдача выходного слова. Если сигнал $НВЕН$ (разрешение старшего байта) управляющий режимом вывода, имеет низкий уровень, то старшие биты выходного слова поступают на соответствующие им выходы (для 12-разрядного АЦП биты $DO8...DO11$). В противном случае выдаются биты соответствующие младшему байту (для 12-разрядного АЦП биты $DO0...DO7$).

АЦП с последовательным интерфейсом выходных данных. В АЦП последовательного приближения, оснащенных простейшей цифровой частью, таких как 12-битный MAX176 или 14-битный MAX121 выходная величина может быть считана в



виде последовательного кода прямо с компаратора или регистра последовательного приближения (РПП). На рисунке представлена функциональная схема такого интерфейса. Здесь приведена схема, реализующая SPI-интерфейс. Процессор является ведущим (master). Он инициирует начало процесса преобразования подачей среза на вход "Пуск" АЦП. С тактового выхода процессора на синхровход АЦП поступает последовательность тактовых импульсов. Начиная со второго такта после пуска на выходе данных АЦП формируется последовательный код выходного слова старшими битами вперед. Этот сигнал поступает на MISO (master - input, slave - output) вход процессора.

Простейший интерфейс обеспечивает наименьшее время цикла "преобразование - передача данных". Однако он обладает двумя существенными недостатками. Во-первых, переключение выходных каскадов АЦП во время преобразования приносит импульсную помеху в аналоговую часть преобразователя, что вызывает уменьшение соотношения сигнал/шум (например, для АЦП AD7893 среднееквадратическое значение шума при передаче данных во время преобразования почти в три раза больше, чем при считывании данных после преобразования). Во-вторых, если АЦП имеет большое время преобразования, то процессор будет занят приемом информации от него существенную часть вычислительного цикла.

По этим причинам современные модели АЦП с последовательной передачей выходных данных оснащаются выходным сдвиговым регистром, в который загружается результат преобразования из регистра последовательного приближения. По заднему фронту сигнала "Пуск" УВХ переходит в режим хранения и начинается преобразование. При этом на соответствующем выводе АЦП выставляется сигнал "Занят". По окончании преобразования начинается передача данных. Процессор подает на синхровход АЦП последовательность синхроимпульсов CLK. Если $8 < N \leq 16$, то число синхроимпульсов обычно составляет 16. При $N < 16$ вначале вместо отсутствующих старших битов передаются нули, а затем выходное слово старшими битами вперед. До и после передачи данных выходная линия АЦП находится в высокоимпедансном состоянии.

Увеличение длительности цикла "преобразование - передача данных" по сравнению с простейшим интерфейсом обычно несущественно, так как синхроимпульсы могут иметь большую частоту. Например, для 12-разрядного АЦП последовательного приближения AD7896 минимальный интервал между отсчетами составляет 10 мкс. Из них последовательное чтение данных занимает только 1,6 мкс при частоте синхросигнала 10 МГц.

Интерфейсы ЦАП

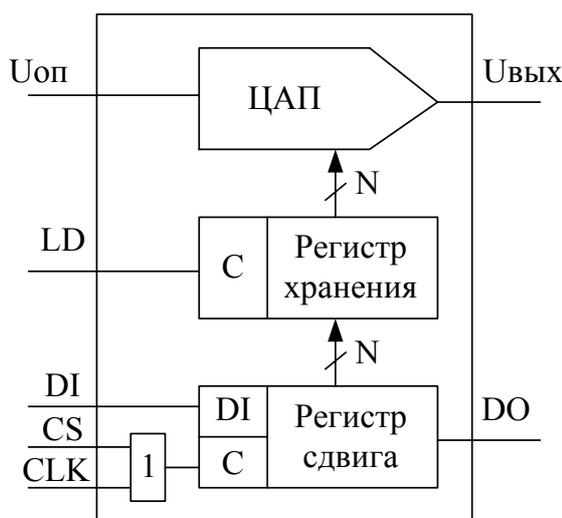
Структура цифрового интерфейса определяет способ подключения ЦАП к источнику входного кода, например, микропроцессору или микроконтроллеру. Свойства цифрового интерфейса непосредственно влияют и на форму кривой сигнала на выходе ЦАП. Так, не одновременность поступления битов входного слова на управляющие входы ключей преобразователя приводит к появлению узких выбросов, "иголок", в выходном сигнале при смене кода.

При управлении ЦАП от цифровых устройств с жесткой логикой управляющие входы ключей ЦАП могут быть непосредственно подключены к выходам цифровых

устройств, поэтому во многих моделях ИМС ЦАП, особенно ранних (572ПА1, 594ПА1, 1108ПА1, AD565А и др.), сколь-нибудь существенная цифровая часть отсутствует. Если же ЦАП входит в состав микропроцессорной системы и получает входной код от шины данных, то он должен быть снабжен устройствами, позволяющими принимать входное слово от шины данных, коммутировать в соответствии с этим словом ключи ЦАП и хранить его до получения другого слова. Для управления процессом загрузки входного слова ЦАП должен иметь соответствующие управляющие входы и схему управления. В зависимости от способа загрузки входного слова в ЦАП различают преобразователи с последовательным и параллельным интерфейсами входных данных.

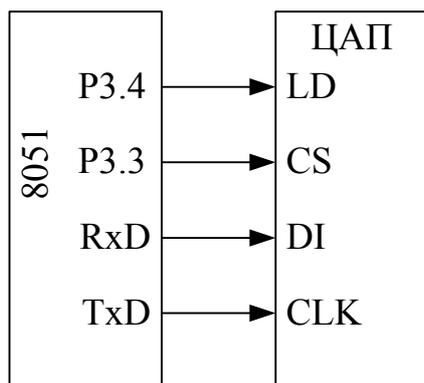
ЦАП с последовательным интерфейсом входных данных.

Такой преобразователь содержит на кристалле помимо собственно ЦАП



дополнительно также последовательный регистр загрузки, параллельный регистр хранения и управляющую логику. Чаще всего используется трехпроводный интерфейс, который обеспечивает управление ЦА-преобразователем от SPI, QSPI, MICROWIRE интерфейсов процессоров. При активном уровне сигнала CS (в данном случае - нулевом) входное слово длины N (равной разрядности ЦАП) загружается по линии DI в регистр сдвига под управлением тактовой последовательности CLK. После окончания загрузки, выставив активный уровень на линию LD, входное слово записывают в регистр

хранения, выходы которого непосредственно управляют ключами ЦАП. Для того, чтобы иметь возможность передавать по одной линии данных входные коды в несколько ЦАП, последний разряд регистра сдвига у многих моделей ЦАП с последовательным интерфейсом соединяется с выводом ИМС DO. Этот вывод подключается ко входу DI следующего ЦАП и т.д. Коды входных слов передаются, начиная с кода самого последнего преобразователя в этой цепочке.



Подключение ЦАП с последовательным интерфейсом к микроконтроллеру семейства MCS51

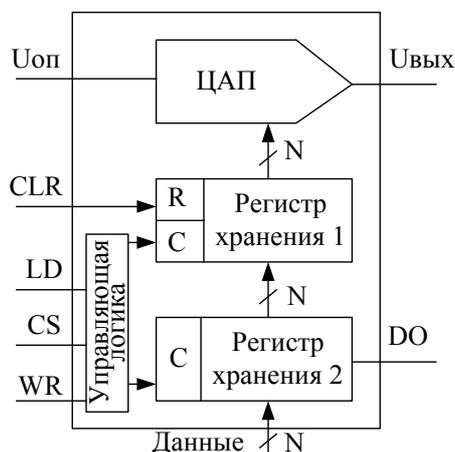
На рисунке приведен вариант схемы подключения преобразователя с последовательным интерфейсом к микроконтроллеру (МК). На время загрузки входного слова в ЦАП через последовательный порт микроконтроллера, к которому могут быть также подключены и другие приемники, на вход CS (выбор кристалла) подается активный уровень с одной из линий ввода-вывода МК. После окончания загрузки МК меняет уровень на входе CS, и, выставив

активный уровень на входе LD ЦАП, обеспечивает пересылку входного кода из регистра сдвига ЦАП в регистр хранения. Время загрузки зависит от тактовой частоты МК и обычно составляет единицы микросекунд. В случае, если колебания выходного

сигнала ЦАП во время загрузки допустимы, вход LD можно соединить с общей точкой схемы.

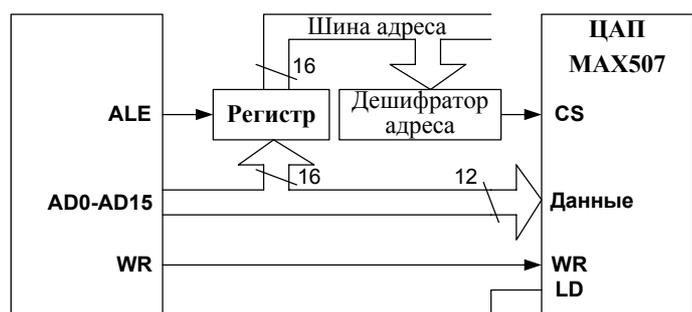
Минимальное количество линий связи с ЦАП обеспечивается двухпроводным интерфейсом I2C. Этим интерфейсом оснащаются некоторые последние модели ЦАП, например, AD5301. Адресация конкретного устройства осуществляется по линии данных.

ЦАП с параллельным интерфейсом входных данных.



Чаще используются два варианта. В первом варианте на N входов данных N -разрядного ЦАП подается все входное слово целиком. Интерфейс такого ЦАП включает два регистра хранения и схему управления (смотри рисунок). Два регистра хранения нужны, если пересылка входного кода в ЦАП и установка выходного аналогового сигнала, соответствующего этому коду, должны быть разделены во времени. Подача на вход асинхронного сброса CLR сигнал низкого уровня приводит к обнулению первого регистра и, соответственно выходного напряжения ЦАП.

Пример блок-схемы подключения 12-ти разрядного ЦАП MAX507 к 16-ти разрядному микропроцессору (МП) приведен на рисунке.



сигнал записи на вход WR.

Процессор посылает входной код в ЦАП как в ячейку памяти данных. Вначале с шины адрес/данные поступает адрес ЦАП, который фиксируется регистром по команде с выхода ALE микропроцессора и, после дешифрации, активизирует вход CS ЦАП. Вслед за этим МП подает на шину адрес/данные входной код ЦАП и затем

Индикация в средствах измерений **МОДУЛИ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ**

В настоящее время наиболее распространёнными малогабаритными алфавитно-цифровыми индикаторами являются модули ЖКИ на базе контроллера HD44780. В основном это одно- и двухстрочные дисплеи, с подсветкой и без неё. Простота подключения к микропроцессору, удобство программирования, экономичность, широкая номенклатура делают их удобными для использования.

Контроллер HD44780 фирмы Hitachi фактически является промышленным стандартом и широко применяется при производстве алфавитно-цифровых ЖКИ-модулей. Аналоги этого контроллера или совместимые с ним по интерфейсу и командному языку микросхемы, выпускают множество фирм, среди которых: Epson, Toshiba, Sanyo, Samsung, Philips. Еще большее число фирм производят ЖКИ-модули на базе данных контроллеров. Эти модули можно встретить в самых разнообразных устройствах: измерительных приборах, медицинском оборудовании, промышленном и технологическом оборудовании, офисной технике - принтерах, телефонах, факсимильных и копировальных аппаратах.

Алфавитно-цифровые ЖКИ-модули представляют собой недорогое и удобное решение, позволяющее сэкономить время и ресурсы при разработке новых изделий, при этом обеспечивают отображение большого объема информации при хорошей различимости и низком энергопотреблении. Возможность оснащения ЖКИ-модулей задней подсветкой позволяет эксплуатировать их в условиях с пониженной или нулевой освещенностью, а исполнение с расширенным диапазоном температур (-20°C...+70°C) в сложных эксплуатационных условиях, в том числе в переносной, полевой и даже, иногда, в бортовой аппаратуре.

Контроллер HD44780 потенциально может управлять 2-мя строками по 40 символов в каждой (для модулей с 4-мя строками по 40 символов используются два однотипных контроллера), при матрице символа 5 x 7 точек. Контроллера также поддерживает символы с матрицей 5 x 10 точек, но в последние годы ЖКИ-модули с такой матрицей практически не встречаются, поэтому можно считать, что фактически бывают только символы 5 x 7 точек.

Существует несколько различных более-менее стандартных форматов ЖКИ-модулей (символов x строк): 8 x 2, 16 x 1, 16 x 2, 16 x 4, 20 x 1, 20 x 2, 20 x 4, 24 x 2, 40 x 2, 40 x 4. Встречаются и менее распространенные форматы: 8 x 1, 12 x 2, 32 x 2 и др., - принципиальных ограничений на комбинации и количество отображаемых символов контроллер не накладывает - модуль может иметь любое количество символов от 1 до 80, хотя в некоторых комбинациях программная адресация символов может оказаться не очень удобной.

В рамках одного формата могут производиться ЖКИ-модули нескольких конструктивов, отличающихся как габаритами ЖКИ (и, как следствие, размерами символов), так и размерами платы и посадки. Например, фирма Powertip предлагает алфавитно-цифровые ЖКИ-модули 11-ти форматов (от 8 x 2 до 40 x 4) в 37-ми различных конструктивах, 16 x 1 в 6-ти, а модули формата 16 x 2 в 11-ти.

Изучая каталоги различных фирм-производителей ЖКИ-модулей, можно убедиться, что одни форматы и конструктивы являются собственными разработками и

не обнаруживают аналогов в номенклатуре остальных фирм, другие являются фактическими стандартами и производятся большинством изготовителей. В качестве примера можно назвать ЖКИ-модуль формата 24 х 2, именуемый PC2402-A у Powertip, ED24200 у EDT, DMC-24227 у Optrex, SC2402A у Bolymin, MDLS-24265 у Varitronix, PVC240202 у Picvue и др., все эти модули имеют одинаковые конструктивные размеры и являются взаимозаменяемыми.

В рамках одного конструктива ЖКИ-модуль может иметь еще ряд модификаций. В частности, могут применяться несколько типов ЖКИ, отличающихся цветом фона и цветом символов, а также по применяемым ЖК-материалам и структуре: TN, STN и FSTN типа. ЖКИ STN и FSTN типа имеют более высокую стоимость, но одновременно обладают повышенной контрастностью и вдвое большим максимальным углом обзора, причем ЖКИ FSTN типа имеют лучшие характеристики, чем STN.

ЖКИ-модули могут оснащаться задней подсветкой, размещаемой между ЖКИ и печатной платой, для чего ЖКИ производятся с полупрозрачным или прозрачным задним слоем (в последнем случае считывание информации возможно только при наличии подсветки).

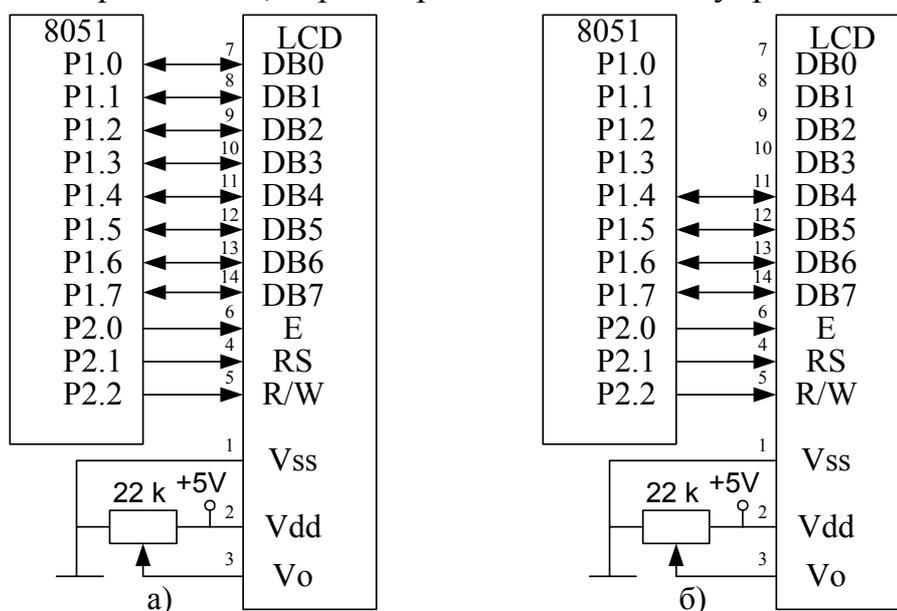
Подключение. Для соединения ЖКИ-модуля с управляющей системой используется параллельная синхронная шина, насчитывающая 8 или 4 (выбирается программно) линий данных DB0...DB7, линию выбора операции R/W, линию выбора регистра RS и линию стробирования/синхронизации E. Кроме линий управляющей шины имеются две линии для подачи напряжения питания 5 В - GND и VCC, и линия для подачи напряжения питания драйвера ЖКИ - V0.

№	Обозначение	Описание
1	V _{SS}	(-) Питание. 0 V.
2	V _{DD}	(+) Питание.+5V.
3	V ₀	Напряжение смещения, управляющее контрастностью
4	RS	Вход. Высокий уровень - Данные; Низкий - Команды
5	R/W	Вход. Высокий-Чтение, Низкий-Запись
6	E	Вход.Строб,сопровождающий сигналы на шине "команды/данные"
7	DB0	Шина "команды/данные"
8	DB1	
9	DB2	
10	DB3	
11	DB4	
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	

Указанные выше названия линий шины являются стандартными, но существует множество различных вариантов расположения контактов у каждого конкретного конструктива ЖКИ-модуля. На самом деле, единственным реально стандартным вариантом расположения контактов является двухрядное 14-ти контактное поле, расположенное вертикально в левой части модуля, а также совпадающее в нем двухрядное 16-ти контактное поле, содержащее дополнительную пару контактов с подключенными к ней выводами питания подсветки. В любом случае, для получения достоверной информации необходимо воспользоваться соответствующей справочной литературой изготовителя модуля.

Рассматриваемый ЖКИ при помощи стандартного 14-контактного разъема обменивается информацией с управляющим микроконтроллером. Микроконтроллер посылает в ЖКИ команды, управляющие режимами его работы, и ASCII-коды выводимых символов. В свою очередь, ЖКИ может посылать микроконтроллеру по его запросу информацию о своем состоянии и данные из своих внутренних блоков памяти.

Для соединения модуля с управляющей системой можно выбрать один из двух вариантов: по 8-ми или 4-х разрядной шине. В первом случае потребуется 11 сигнальных линий, во втором - только 7. Обмен с ЖКИ-модулем выполняется чисто программными средствами, через порты ввода-вывода управляющей микро-ЭВМ.



На рисунке а) приведена схема подключения ЖКИ-модуля с 8-ми разрядной шиной к некоторой абстрактной микро-ЭВМ. Эта микро-ЭВМ содержит два порта: 8-ми разрядный двунаправленный P1.0...P1.7, к которому подключена шина DB0...DB7 ЖКИ-модуля, и 3-х разрядный P2.0...P2.2, к которому подключены линии управляющих сигналов: E, RS, R/W. На рисунке б) можно видеть схему подключения ЖКИ-модуля к этой же микро-ЭВМ в 4-х разрядном режиме. Обратите внимание, что для обмена в 4-х разрядном режиме используется старшая тетрада шины данных - DB4...DB7.

Иногда, не смотря на наличие "экономичного" 4-х разрядного режима, 7 необходимых для связи линий могут оказаться чрезмерным требованием для приборов, которые в современных условиях нередко строятся с применением микро-ЭВМ в 16-28-ми выводных корпусах и имеющих ограниченный ресурс свободных портов. Оказалось, что часто, если конечно речь не идет о жесткой экономии каждой копейки, наиболее удобным способом использования ЖКИ-модуля становится создание отдельного контроллера на базе конкретной микро-ЭВМ с каким-либо последовательным интерфейсом, осуществляющего посредничество между управляющей системой и ЖКИ-модулем.

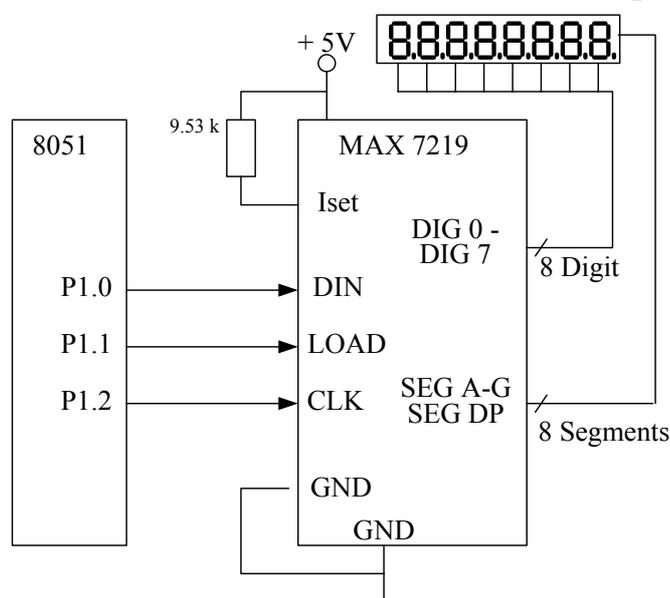
Светодиодная индикация

Другим широко распространенным типом индикаторов используемых в современных СИ являются семисегментные светодиодные индикаторы выпускаемые многими фирмами. Основным преимуществом светодиодных индикаторов является их

"активность", они хорошо различимы при любом освещении. Однако это достигается за счет большей потребляемой мощности, по сравнению с жидкокристаллическими индикаторами. Для нормального свечения одного сегмента светодиодного индикатора используется ток 20 мА, при питании от 5 В, таким образом потребляемая мощность на один разряд семисегментного индикатора может по максимуму составлять $P = 8 \cdot 20 \text{ мА} \cdot 5 \text{ В} = 800 \text{ мВт}$ при токе 160 мА. Это обстоятельство, при большом числе разрядов индикатора, например 8-10, требует использования более мощного $P = 10 \cdot 800 \text{ мВт} = 8 \text{ Вт}$, а значит и крупногабаритного источника питания. Существенно понизить эти требования позволяет динамический режим индикации.

Динамический режим использует свойство инерционности человеческого глаза который воспринимает часто изменяемую картинку (с частотой более 20 Гц) как непрерывную. Этот же эффект используется в кино – 24 кадра в секунду и в телевидении – 25 кадров в секунду. Таким образом, обеспечив частоту включения/отключения каждого разряда светодиодного индикатора более 20 Гц, т.е. в каждый момент времени потребляет ток только один разряд индикатора существенно снижаются требования к источнику питания $P \leq 1 \text{ Вт}$. Обеспечение динамического режима индикации может выполнять микроконтроллер входящий в состав СИ или специализированное устройство, примером которого является микросхема фирмы MAXIM – MAX 7219.

Это компактное устройство с последовательным интерфейсом ввода/вывода которое позволяет управлять микроконтроллеру восьмью разрядами семисегментного светодиодного индикатора или 64 отдельными светодиодами, включает в себя схему динамического управления индикацией и 8 байтное ОЗУ для хранения информации о состоянии каждого сегмента индикатора. Для работы устройства используется только



один внешний резистор регулирующий значение тока протекающего через сегменты. На рисунке приведена структурная схема подключения к микроконтроллеру и светодиодному индикатору. Удобный трехпроводный интерфейс позволяет подключаться к любому микроконтроллеру. Информация в любом разряде индикатора может быть изменена без записи в другие разряды, также предусмотрена возможность аналогового и цифрового регулирования яркости (шестнадцать градаций) свечения и количества индицируемых разрядов. Режим тестирования позволяет проверить

работоспособность индикатора, все сегменты (светодиоды) должны светиться. При выключенном индикаторе, режим Shutdown, информация сохраняется, а микросхема потребляет ток всего 150 мкА, что делает ее экономичной.

Шина I²C

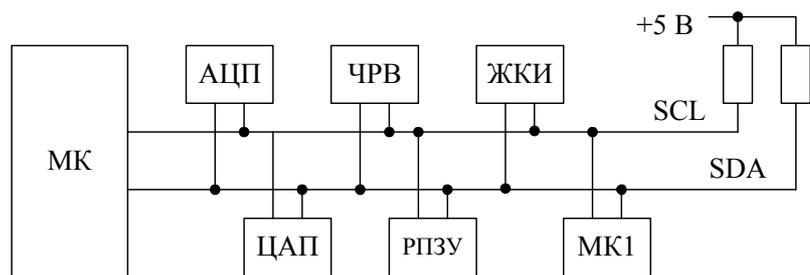
Шина I²C широко используется в бытовой электронике, передаче данных и промышленной электронике. Разработанная фирмой Philips простая двунаправленная 2-х проводная шина для эффективного управления и взаимодействия различных блоков телевизоров, она стала применяться для связи между собой однокристальных микроконтроллеров, ЖКИ индикаторов, портов ввода-вывода, микросхем памяти (особенно энергонезависимой), аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей, часов реального времени и т.д.

В настоящее время ассортимент микросхем с шиной I²C составляет несколько сотен наименований, а в области энергонезависимой памяти (от сотен байт до десятков килобайт) она стала стандартом де-факто.

Шина I²C представляет собой концепцию, которая решает основные проблемы интерфейса, с которыми сталкиваются при проектировании различной аппаратуры, и имеет следующие достоинства:

Только две линии – последовательная линия данных (SDA) и последовательная линия синхронизации (SCL)

Каждый элемент, соединенный с шиной является программно-адресуемым своим уникальным адресом. При этом отношения между ними могут быть построены по простому принципу ведущий/ведомый или же может быть построена система с несколькими ведущими элементами.



Подключение устройств к интерфейсу I²C

Последовательная 8-разрядная двунаправленная передача данных может проводиться со скоростью от 0 до 100 килобит/с в стандартном режиме или до 400 килобит/с в быстром режиме (последний поддерживается не всеми микросхемами). При реализации

собственных устройств возможно применение и более высоких скоростей при сохранении идеологии шины I²C.

Фильтрация сигналов внутри микросхем обеспечивает нечувствительность к выбросам на линии шины данных

Число устройств, которые могут быть соединены одной шиной, ограничено только максимальной емкостью шины 400 пФ.

В дополнение ко всем преимуществам, микросхемы с шиной I²C в КМОП исполнении является особенно привлекательными для переносного оборудования и с аварийным батарейным питанием, особенно в сочетании с низко потребляющими системами управления, например на базе микроконтроллеров фирмы Микрочип.

Простой 2-проводной последовательный интерфейс минимизирует соединения между элементами оборудования.

При разработке приборов очень часто устанавливаются следующие критерии проектирования:

Полная система обычно состоит, по крайней мере, из одного микроконтроллера и периферийных устройств, таких как запоминающие устройства и устройства ввода/вывода (АЦП, ЦАП, индикаторы и т.д.);

Стоимость соединения различных устройств, связанных внутри системы, должна быть минимизирована;

Система, которая решает несложные задачи, как правило, не требует быстродействующей передачи данных;

Общая эффективность зависит от выбранных элементов и характера их соединения.

Последовательная структура шины I²C удовлетворяет этим условиям. Хотя последовательные шины не обладают производительностью параллельных шин, они требуют меньше проводов и контактных выводов микросхемы.

Элементы устройства, обменивающиеся информацией между собой по последовательной шине должны следовать некоторому протоколу, который позволит избежать возникновения конфликтных ситуаций, потери данных, более скоростным элементам общаться с медленными элементами.

Все операции по шине I²C осуществляются при помощи двух проводов: линии последовательных данных (SDA) и линии синхронизации (SCL). Каждое устройство подключенное к шине распознается по своему уникальному адресу, в который входит группа приборов и номер конкретного прибора. Группа определяет, является ли это устройство микроконтроллером, ЖКИ индикатором, энергонезависимой памятью или чем-то еще.

Используемые термины: **Передатчик** - устройство, которое посылает данные на шину; **Приемник** - устройство, получающее данные с шины; **Ведущий (мастер)** - устройство, инициирующее передачу, генерирующее тактовые сигналы и обрывающее передачу; **Ведомый** - устройство, адресуемое ведущим; **Ведомый** - устройство, адресуемое ведущим; **Арбитраж** - процедура, гарантирующая, что если более одного ведущего одновременно пытаются управлять шиной, только одному будет позволено делать это, и сообщения не будут искажены; **Синхронизация** - процедура синхронизации во времени сигналов двух или более устройств.

Устройство, подключенное к шине, может работать или как передатчик или как приемник, в зависимости от его функций. В связи с этим передающие и принимающие устройства также могут рассматриваться как ведущие (master) и ведомые (slave) при выполнении передачи данных. Ведущий - это устройство, которое инициирует передачу данных по шине и генерирует тактовые сигналы для разрешения этой передачи. В это время все адресуемые устройства рассматриваются как ведомые.

SDA и SCL являются двунаправленными линиями с открытым коллектором (сток), соединенные с положительным напряжением источника питания через подтягивающие резисторы. Когда шина свободна, обе линии находятся в состоянии "1". Выходной каскад устройств, соединенных с шиной, должен иметь открытый сток или открытый коллектор для того, чтобы выполнять функцию "монтажное И". Данные на I²C-шине могут передаваться со скоростью до 100 кбит/с в стандартном режиме или 400 кбит/с в быстром режиме.

Передача бита. Для передачи одного бита данных используется один импульс сигнала синхронизации, при этом данные на линии SDA должны быть стабильными только в течение высокого уровня на линии SCL. Смена состояния на линии данных должна происходить только когда тактовый сигнал на SCL-линии находится в низком состоянии. Исключениями служат два особых случая передача команд – START и

STOP, которые служат для индикации начала и конца передачи и соответственно перехода шины в неактивное состояние. Пока не установлено состояние старт, сигналы на линиях SDA и SCL могут быть произвольными, что позволяет использовать одну линию SDA и несколько линий SCL, например при нехватке адресов на одной шине.

Переход "1->0" на линии данных SDA, если при этом линия SCL находится в состоянии "1", - это одно из таких состояний.



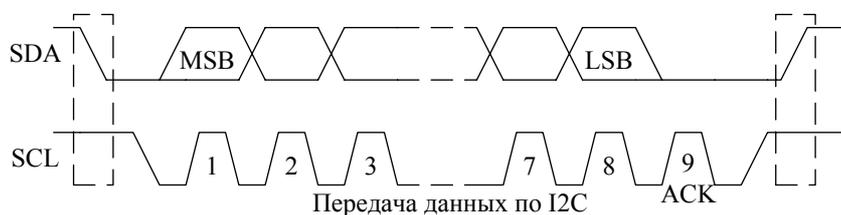
Такая ситуация определяет START-условие. Переход "0->1" на линии SDA, если при этом линия SCL находится в состоянии "1", определяет STOP-условие.

Условия START и STOP всегда генерируются ведущими. Считается, что шина занята после условия START и свободна после условия STOP.

Определение состояний START- и STOP-устройствами, связанными с шиной, осуществляется легко, если они содержат необходимые интерфейсные аппаратные средства. Однако, микроконтроллерам, не имеющим таких средств, приходится опрашивать SDA-линию, по крайней мере, дважды за тактовый период, чтобы обнаружить этот переход (от "0" к "1" или наоборот).

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ. Байтовый формат

Все байты, проходящие по линии данных SDA, должны быть 8-и битными. Число байт, которое может быть послано за передачу, не ограничено. Каждый байт должен сопровождаться подтверждающим (квитирующим) битом. Данные передаются, начиная со старшего бита (MSB). Если приемник не может принять другой полный байт данных до тех пор, пока не выполнит некоторые другие функции, например, обслуживания внутреннего прерывания, он может установить линию - SCL в положение "0", чтобы



перевести передатчик в ожидающее состояние. Передача данных продолжится тогда, когда приемник будет готов к приему следующего байта данных и освободит линию SCL.

В некоторых случаях допускается использовать форматы, отличные от формата I2C-шины (например, для устройств, совместимых с CBUS). Сообщение, начинающееся с такого адреса, может быть оборвано генерацией stop-условия, даже во время передачи-байта. В этом случае никакое подтверждение не генерируется.

Подтверждение приема (квитирующее). Передача данных с подтверждением обязательна. Тактовый импульс, связанный с подтверждением, генерируется ведущим. Передатчик освобождает SDA-линию (переводит в состояние "1") во время тактового импульса подтверждения. Приёмник должен понизить SDA-линию на время тактового импульса подтверждения, так что она остается постоянно в положении "0" в течение высокого уровня периода тактового импульса подтверждения.

Обычно приемник, который был адресован, обязан генерировать подтверждение приема после каждого полученного байта (за исключением случая, когда сообщение начинается с CBUS-адреса). Если ведомый приемник не подтверждает прием на свой адрес, (например, он не может принимать, т.к. выполняет некоторые функции реального времени), то линия данных переводится в состояние "1" ведомым. Ведущий теперь может выдать STOP - условие для обрыва передачи. Если ведомый приемник подтверждает прием на свой адрес, но через некоторое время при передаче не может

больше получать байты данных, ведущий опять прекращает передачу. Это выражается тем, что ведомый не генерирует подтверждения приема в первом следующем байте. Ведомый оставляет линию данных в состоянии "1" и ведущий генерирует STOP-условие.

Если ведущий приемник включен в передачу, он должен сообщать об окончании данных ведомому передатчику посредством невыдачи подтверждения в последнем байте, которым отмечается окончание работы ведомого. Ведомый передатчик должен освободить линию данных, чтобы позволить ведущему выдать STOP-условие.



Чтение ведущим данных с ведомого устройства

Передача данных осуществляется по формату, показанному на рисунке.

После START-условия (S) посылается адрес ведомого (SA). Этот адрес имеет длину 7 бит, за ним следует восьмой бит, который является битом направления данных (R/W - чтение/запись) - "нуль" означает передачу (WRITE), "единица" - это запрос данных (READ). Передача данных всегда обрывается STOP-условием (P), генерируемым ведущим. Однако, если ведущий ещё желает продолжать обмен информацией на шине, он может выдать повторное START-условие (S) и адресовать другого ведомого без предварительного генерирования STOP-условия. При такой передаче возможны различные комбинации форматов чтения и записи.

Ведущий принимает от ведомого сразу после первого байта. В момент первого подтверждения приема ведущий передатчик становится ведущим приемником, а ведомый приемник становится ведомым передатчиком. Подтверждение этого приема все еще генерируется ведомым;

7-И БИТНАЯ АДРЕСАЦИЯ.

Процедура адресации для I²C-шины такова, что первый байт после START-условия обычно определяет, какой из ведомых выбран ведущим. Исключение составляет так называемый "адрес общего вызова", который может адресовать все устройства. Когда используется этот адрес, теоретически, всем устройствам следует откликнуться с подтверждением приема. Однако можно заставить устройства проигнорировать этот адрес. Второй байт адреса общего вызова в этом случае определяет действие, которое должно быть выполнено.

Биты первого байта. Первые 7 бит первого байта определяют адрес ведомого. Восьмой-младший бит (LSB) - определяет направление сообщения. "Нуль" в позиции младшего бита первого байта означает, что ведущий будет передавать информацию выбранному ведомому. "Единица" в этой позиции значит, что ведущий будет читать информацию от ведомого.

Когда адрес послан, каждое устройство в системе сравнивает первые 7 бит после START-условия со своим адресом. Если они совпадают, то данное устройство считает себя адресованным. По отношению к ведущему, адресовавшему его, оно является

ведомым приемником или ведомым передатчиком, в зависимости от R/W бита.

Адрес ведомого может быть построен из фиксированной и программируемой частей. Так как наверняка в системе могут быть несколько одинаковых устройств, то программируемая часть адреса ведомого позволяет присоединить к шине максимально возможное число таких приборов. Число бит программируемой части адреса устройства зависит от числа внешних выводов (контактов). Например, если прибор имеет 4 фиксированных и 3 программируемых бита адреса, то с одной шиной может быть связано восемь идентичных приборов.

Каждое ведомое устройство имеет свой адрес, разрядность которого по умолчанию составляет 7 бит. Адрес SA[6:0] передается ведущим устройством в битах [7:1] первого байта, бит 0 содержит признак операции чтение-запись. 7-битный адрес содержит две части: старшие 4 бита SA[6:3] несут информацию о типе устройства (например, для EEPROM - 1010), а младшие 3 бита A[0:2] определяют номер устройства данного типа. Многие микросхемы с интерфейсом PC имеют три адресных входа, коммутацией которых на логические уровни 1 и 0 задается требуемый адрес.

Распределение I²C- адресов координируется комитетом I²C-шины. Дальнейшая информация может быть получена от представителей Philips. Две группы адресов (0000XXX и 1111XXX) зарезервированы для целей, указанных в таблице. Комбинация 11110XX адреса ведомого зарезервирована для 10-и битной адресации .

АДРЕС ВЕДОМОГО		R/W	ОПИСАНИЕ
Код устройства	Адрес		
0000	000	0	Адрес общего вызова
0000	000	1	START-байт
0000	001	X	Адрес CBUS
0000	010	X	Адрес, зарезервированный для иного формата шины
0000	011	X	Зарезервированы для будущих целей
0000	1XX	X	
1111	1XX	X	
1111	0XX	X	10-ти битная адресация ведомых

ЗАМЕЧАНИЯ:

1. Никаким устройствам не разрешается подтверждать прием при получении START-байта. (Старт байт используется при обмене с микроконтроллерами, у которых отсутствует аппаратный интерфейс I²C, для облегчения обнаружения стартовой комбинации).
2. Адрес CBUS зарезервирован, чтобы иметь возможность использовать в одной системе как CBUS-совместимые, так и I²C-совместимые устройства. Устройствам, совместимым с I²C-шиной, не разрешается откликаться при приеме этого адреса.
3. Адреса, зарезервированные для иного формата шины, позволяют использовать в системе I²C другие протоколы. Только те совместимые с I²C-шиной устройства, которые могут работать с такими форматами и протоколами, могут откликаться на этот адрес.

Трех проводный интерфейс MICRO-WIRE (National Semiconductor's). Четырех проводный интерфейс SPI - (Serial Peripheral Interface - Motorola SPI).

Последовательный периферийный интерфейс (SPI) обеспечивает высокоскоростной синхронный обмен данными между микроконтроллерами и периферийными устройствами или между несколькими микроконтроллерами.

Основные характеристики SPI интерфейса:

- Полнодуплексный 3-проводный синхронный обмен данными;
- Режим работы ведущий или ведомый;
- Обмен данными с передаваемыми первыми старшим или младшим битами.

Для подключения произвольного устройства поддерживающего обмен данным по интерфейсу SPI используется 3-х или четырех проводная схема соединения.

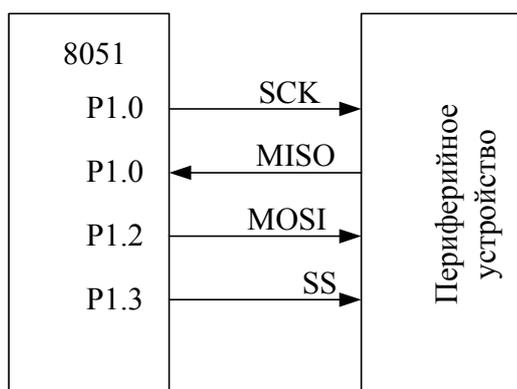


Схема подключения устройств посредством интерфейса SPI

MOSI (Master Out Slave In)– (выход ведущего - вход ведомого) последовательные данные на этой линии воспринимаются подключенным устройством по фронту или срезу СЦК. Данные передаются побайтно старшим битом вперед.

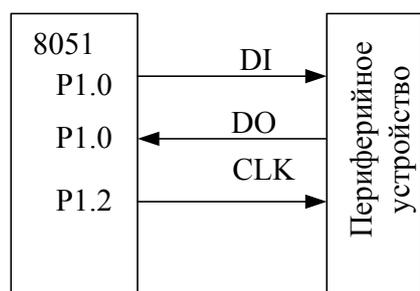
MISO (Master In Slave Out)– (выход ведомого – вход ведущего) последовательные данные появляются на этой линии по фронту или срезу синхросигнала.

SS (Slave Select)– выбор подчиненного устройства, высокий уровень сигнала позволяет проводить обмен данными с ведущим устройством.

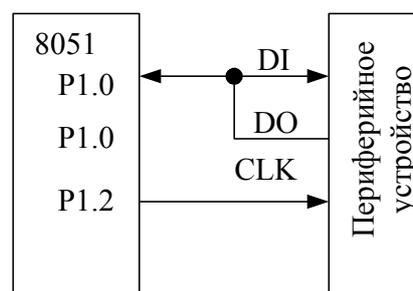
SCK (Serial Clock) – используется для синхронизация записи или считывания данных из устройства.

Интерфейс MICRO-WIRE для обмена данными использует трех или двухпроводную схему подключения устройств к ведущему микроконтроллеру.

CLK (serial clock) –используется для синхронизации обмена данными между



I Схема подключения устройств посредством интерфейса MicroWire



II Схема подключения устройств посредством интерфейса MicroWire

ведущим и ведомым устройствами, данные защелкиваются в ведомом устройстве по фронту импульса, а считываются по срезу. **DI (data in)** – используется для передачи данных в периферийное устройство, **DO (data out)** – на этой линии появляются данные при чтении из периферийного устройства, и может использоваться для сигнализации занятости устройства.

Параллельные интерфейсы отличаются большим количеством линий и часто

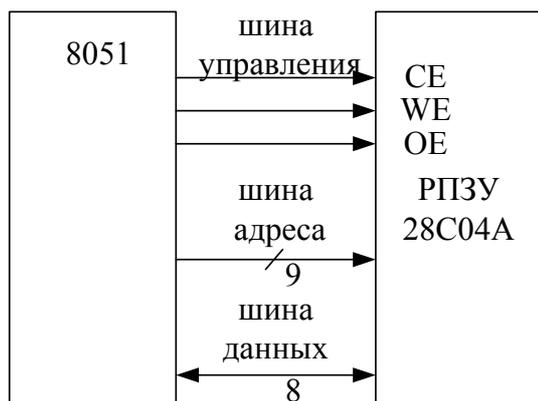


Схема подключения РПЗУ по параллельному интерфейсу

разрешение чтения.

состоят из шины данных, шины адреса и шины управления. Использование параллельного интерфейса рассмотрим на примере микросхемы РПЗУ объемом 512 байт типа 28С04А фирмы Микрочип. Для ее подключения используются 20 линий организованных в три шины: 8 – разрядная шина данных обеспечивает двухсторонний побайтный обмен между контроллером и памятью. Для адресации используется 9 разрядная шина адреса. Управление обменом данными осуществляется сигналами на шине управления CE – выбор кристалла, WE- разрешение записи и OE – разрешение чтения.

Подключение коммутаторов и клавиатур

Для расширения количества каналов ввода/вывода аналоговых и цифровых

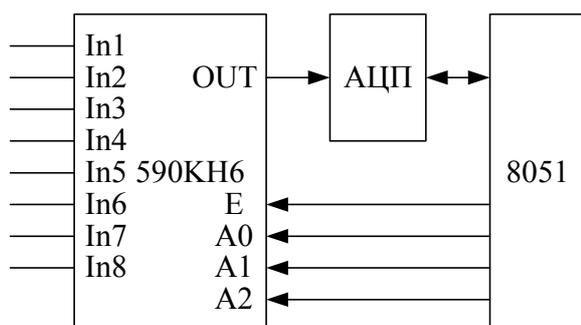
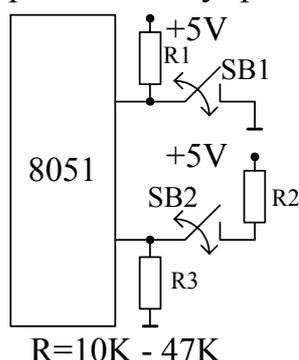


Схема подключения коммутатора к микроконтроллеру

данных в средствах измерения широко используются **коммутаторы** (набор механических или электронных ключей управляемых схемой управления). Для подключения коммутаторов в основном используются параллельные интерфейсы, особенностью которых является отсутствие шины данных, используется шина адреса – для выбора коммутируемого канала и шина управления – для управления режимом работы коммутатора.

Организация управляющих воздействий на микроконтроллер средства измерения



с целью изменения режимов работы, выбора измеряемой величины и т.д. производится с использованием пультов управления (набора кнопок или клавиатур). В простейшем случае, когда пульт управления состоит из нескольких кнопок до 4-х, их обычно подключают непосредственно к микроконтроллеру, при этом количество используемых линий равно количеству кнопок. Выбор одной из стандартных схем включения определяет активный уровень сигнала (высокий или низкий).

Если кнопок больше 4-х они организуются в виде матричной клавиатуры, например 3x4 (три столбца, четыре ряда) или 4x4 и т.д. Существует несколько различных способов сопряжения клавиатуры с микроконтроллером, при количестве строки + столбцы < 8 клавиатуру зачастую подключают непосредственно к микроконтроллеру, в других случаях целесообразно использовать специализированные микросхемы или разрабатывать контроллер клавиатуры на отдельном микроконтроллере. Схемы подключения простых клавиатур к микроконтроллеру представлены на рисунках.

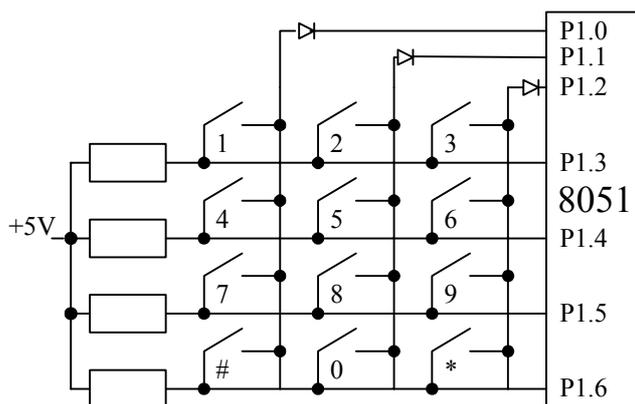


Схема подключения клавиатуры
3x4 к микроконтроллеру 8051

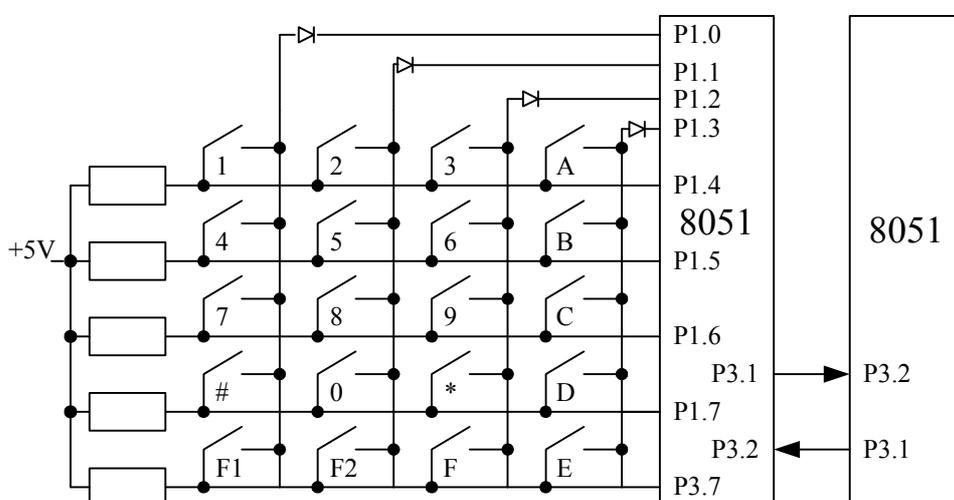


Схема подключения клавиатуры 4x5 к микроконтроллеру
8051 используемому в качестве контроллера клавиатуры

В некоторых случаях для получения информации о номере нажатой клавиши можно воспользоваться сдвиговым регистром или приоритетным шифратором **8 в 3** или **10 в 4**, первая цифра здесь соответствует количеству входов шифратора, а вторая разрядности выходного двоичного кода воспринимаемого микроконтроллером. Однако это приводит к увеличению габаритов печатной платы СИ и потребляемой мощности.

Внешние (сетевые) интерфейсы средств измерений

В сетях интерфейсы используются на физическом уровне определяя правила подключения аппаратуры приема-передачи данных с одной стороны к оконечному оборудованию данных и каналам связи с другой стороны.

Для каждого типа канала связи разработаны свои стандарты, так для подключения аппаратуры передачи данных к телефонным каналам связи стандартный интерфейс определяется рекомендациями V.2, V.21, V.22, V.22, V.23, V.27, V.29, V.35, V.36, V.37, V.50, V.53.

Для сопряжения аппаратуры передачи данных с оконечным оборудованием наиболее часто используются рекомендации V.21 и V.28.

Рекомендация V.24 определяет взаимодействие устройств преобразования сигналов с оконечным оборудованием данных и устанавливает:

- общие характеристики, такие как скорость и последовательность передачи
- процедурные и функциональные характеристики, определяющие номенклатуру, категории цепей связи, правила их взаимодействия
- электрические параметры соединения
- механические характеристики - габаритные размеры, распределение контактов по цепям связи.

По рекомендации V.24 соединение аппаратуры передачи данных с оконечным оборудованием осуществляется с помощью набора цепей обмена определенного как "серия 100", включающего 39 линий для передачи данных и управляющих сигналов. Обычно при сопряжении используются от 3-х до 10-ти цепей. Остальные цепи, используемые для управления, синхронизации и некоторых вспомогательных функций могут отсутствовать в конкретных устройствах.

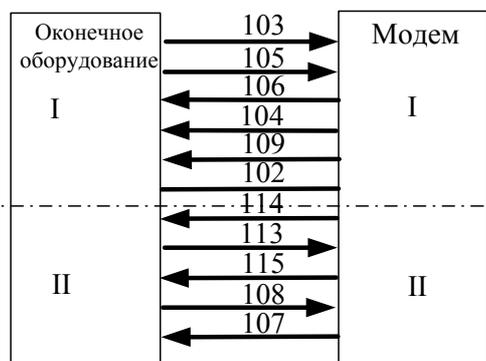


Схема подключения асинхронного I (синхронного модема I+II) к оконечному оборудованию

Для передачи данных используются цепи:

102 - "сигнальное заземление или общий обратный провод";

103 - "Передаваемые данные";

104 - "Принимаемые данные".

Остальные цепи являются управляющими, к ним относятся:

105 - "Запрос передачи" - сигнал по этой цепи поступает на вход устройств преобразования сигналов и инициирует передачу данных по каналу связи;

106 - "Готов к передаче" - поступает от модема и указывает на готовность аппаратуры передачи данных

к работе;

109 - "Детектор принимаемого линейного сигнала канала данных" служит для сигнализации о наличии сигнала несущей частоты и соответственно о приеме данных со стороны канала связи.

При использовании асинхронных модемов передаче данных предшествует сигнал "Запрос передачи" который осуществляет запуск модулятора модема, и проходя через блок задержки возвращается в оконечное оборудование в качестве сигнала "Готов к передаче". После этого оконечное оборудование может передавать информацию

модему. Прием информации из модема начинается после прихода сигнала по цепи 109 "Обнаружение несущей" настраивающего входные цепи оконечного оборудования на прием данных.

При синхронном режиме передачи дополнительно используются цепи:

114 - "Синхронизация передаваемого сигнала (источник - модем)". Сигнал по этой цепи поступает из модема и обеспечивает синхронизацию сопрягаемых устройств.

113 - "Синхронизация передаваемого сигнала (источник - оконечное оборудование)". Сигнал по этой цепи поступает из оконечного оборудования в модем и обеспечивает его синхронизацию.

115 - "Синхронизация принимаемого сигнала" - обеспечивает синхронизацию оконечного оборудования при приеме информации со стороны модема.

101 - Защитное заземление (экран).

Цепи **108** - "Подсоединить аппаратуру передачи данных к линии", **107** "Готовность аппаратуры передачи данных" используются для управления подключением к линии связи или отключением от нее модема.

При небольших расстояниях оконечное оборудование может соединяться между собой без использования модемов. Такой способ подключения называется прямым соединением.

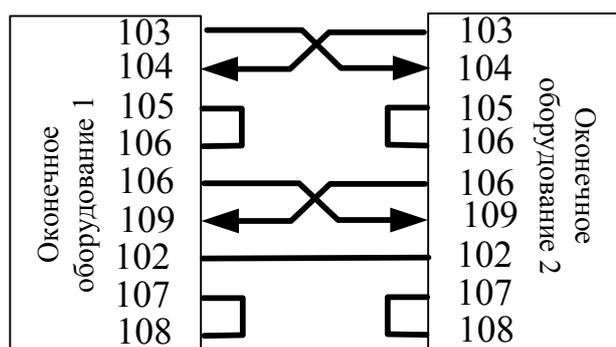


Схема прямого соединения для асинхронной передачи данных

С целью унификации процессов обмена данными при прямом соединении используются те же цепи и сигналы, что и при обмене с помощью модемов.

В отсутствие модемов цепи запроса и готовности передачи (105 и 106) в каждом оконечном оборудовании должны быть соединены между собой, так как передача данных начинается только после появления сигнала "Готовность передачи". В свою очередь прием данных осуществляется при наличии

сигнала "Обнаружение несущей", поэтому эту цепь приемника соединяют с цепью "Готовность передачи" передающего устройства. В реальных системах дополнительно объединяют цепи 108 и 107, Обеспечивая отработку режима подключения модема.

Другим широко известным интерфейсом физического уровня является стандарт RS 232, который является прообразом рекомендаций V.24 и V.28. Более современными стандартами, позволяющими обеспечить высокоскоростную передачу на большие расстояния являются стандарты RS 422, RS 423 и RS 485.

Скоростные характеристики стандартов RS 422, RS 423.

Скорость передачи (кбит/с)		Длина кабеля (м)
RS 423	RS 422	
1	100	1000
10	1000	100
100	10000	10

Периферийное оборудование (адаптеры, модемы, контроллеры приборного интерфейса, контроллеры локальных подсистем, средства измерений) могут быть подключены к персональному компьютеру типа IBM PC несколькими основными путями, соответствующими стандартным внешним интерфейсам компьютера, средства которых входят в базовую конфигурацию компьютера:

через системную магистраль - ISA -Industrial Standard Architecture (в старых компьютерах);

через параллельный интерфейс – PCI (Peripheral Component Interconnect);

через параллельный интерфейс - Centronics;

через последовательный интерфейс RS 232;

через последовательный интерфейс USB.

Второй способ воспользоваться одним из беспроводных интерфейсов **Bluetooth** или **IRDA, WirelessUSB, ZigBee** и т.д., для подключения понадобятся дополнительные специализированные модули которые подключаются к базовым внешним интерфейсам компьютера.

Использование для подключения системной магистрали ISA или интерфейса PCI обеспечивает наибольшую скорость обмена информацией. Не требуется отдельного конструктива (плата устанавливается в корпус компьютера) и источника питания. Одноплатное исполнение ограничивает сложность подключаемого устройства. Работа проводится в условиях высокого уровня электромагнитных помех и наводок по цепям питания.

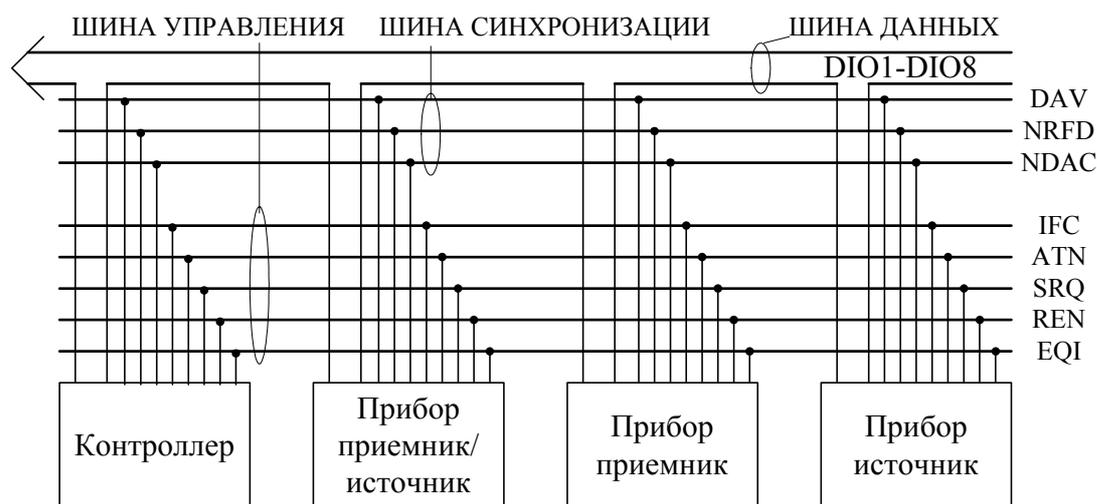
Выбор Centronics или RS232 позволяет расположить устройство любой сложности на большом расстоянии от компьютера. При этом достигается меньшая скорость обмена, требуется внешний конструктив и дополнительный источник питания. Без специальных средств через эти интерфейсы можно подключить только одно устройство.

Подключение через USB позволяет расположить несколько произвольных устройств на расстоянии до 5 метров от компьютера, допускается подключение множества (до 127) устройств.

Использование беспроводных технологий Bluetooth, IRDA, WirelessUSB, ZigBee и др. позволяет подключать произвольные устройства, отстоящие от компьютера на десятки и сотни метров, позволяя последним свободно перемещаться (мобильное оборудование).

Приборный интерфейс (Линия коллективного пользования) (IEEE 488, Hewlett-Packard Instrument Bus HP-IB, General Purpose Instrument Bus (GPIB), IEC 625-1)

Приборный интерфейс позволяет обеспечить взаимную информационную связь широкого класса устройств: цифровых измерительных приборов, преобразователей информации, первичных измерительных преобразователей, устройств ввода и вывода информации различного типа. Интерфейс содержит 16 сигнальных линий.



В любой момент времени конкретный прибор, подключенный к магистрали, может находиться в резерве (его действие ограничивается контролем сигналов проходящих по магистрали) или выступать в качестве источника, приемника или контроллера.

При работе в качестве источника, прибор посылает по магистрали информацию на один или несколько приемников. При работе в качестве приемника прибор воспринимает такую информацию. При работе в качестве контроллера, прибор управляет потоком информации в магистрали. Он определяет какие приборы должны передавать информацию, а какие воспринимать.

Система минимального объема может состоять из одного источника и одного приемника (вольтметр + печатающее устройство), при этом оба должны обладать возможностью внутренними средствами управления распределить между собой интерфейсные функции.

16 сигнальных линий магистрали сгруппированы по функциональному признаку в три отдельные шины. Шина данных, содержащая 8 линий **DIO1-DIO8**, служит для двунаправленного обмена информацией и передачи многопроводных интерфейсных сообщений. Шина синхронизации, содержащая 3 линии, служит для синхронизации передачи каждого байта по шине данных.

Линия **DAV** используется для передачи сигнала "Готовность данных" (DATA VALID), формируемого источником после установления информации на шине данных. Линия **NRFD** для передачи сообщения "Готов к приему очередного байта" (READY FOR DATA). Линия **NDAC** для передачи сигнала "Принял очередной байт" (DATA ACCEPTED). Эти два сигнала формируются коллективно всеми взаимодействующими

приемниками.

Шина управления содержит 5 линий:

IFC - приведение интерфейсной части прибора в исходное состояние (-interface clear);

ATN - идентификация многопроводных интерфейсных сообщений на шине данных (attention);

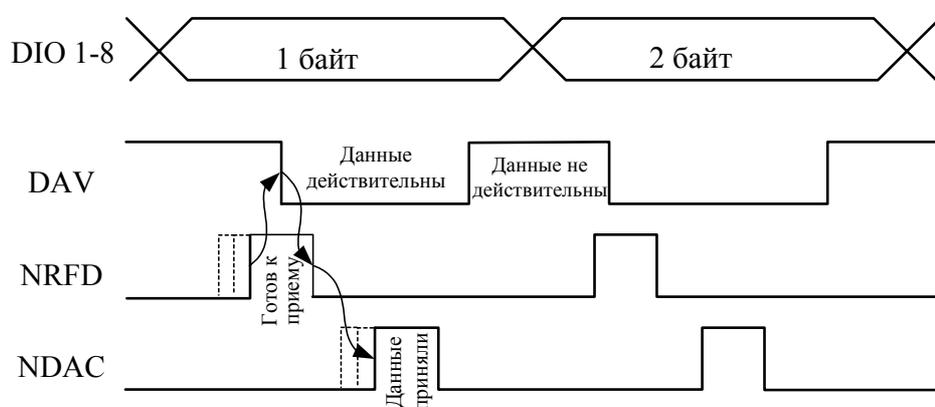
REN - разрешение дистанционного управления прибором (remote enable);

SRQ - передача сообщения "запрос на обслуживание", формируемого источником;

EOI - передача последнего байта, формируемого источником.

Передача команд по интерфейсу может осуществляться двумя способами.

Многопроводные команды посылаются по восьми информационным линиям и трем линиям шины синхронизации. **Однопроводные** команды передаются по пяти отдельным линиям шины управления. Синхронизация передачи байтов по шине данных осуществляется по циклу запрос-ответ-подтверждение (цикл "рукопожатие" - handshake).



Цикл запрос-ответ- подтверждение при передаче данных по приборному интерфейсу

Для адресации используются пять младших информационных разрядов, что позволяет адресовать до 32 устройств. (Максимально возможное число адресов 961, при использовании всех вторичных команд.) Если два прибора-приемника должны воспринимать

одинаковую информацию, они могут иметь один и тот же адрес. Адрес обычно устанавливается при помощи переключек на печатной плате прибора (или с помощью переключателей на задней панели, если они имеются).

В приборном интерфейсе любое сообщение (измерительное, программное, управляющее) представляется последовательностью байт данных, в которую может входить байт "конец строки". Сообщения группируются в строки, строки в блок, блоки образуют запись, записи образуют файл.

Единица сообщения обычно содержит заголовок (буквенный), тело (цифровое) и окончание (ограничитель).

Передаваемая в сообщении последовательность байтов формирует последовательность полей: **T, U, V, W, X, Y, Z**.

Для кодирования символов в сообщениях применяется семибитовый код КОИ-7 ГОСТ 13052-74 (ASCII). При передаче байтов младший бит семибитового кода передается по линии DIO1, линия DIO8 используется для контроля по четности.

В поле **T** (заголовок) передается размерность или качество (перегрузка, превышение диапазона, признак калибровки) данных.

Множитель	Коэффициент	Представление в интерфейсе	Множитель	Коэффициент	Представление в интерфейсе
Тера	10^{12}	T	Милли	10^{-3}	M
Гига	10^9	G	Микро	10^{-6}	U
Мега	10^6	MA	Нано	10^{-9}	N
Кило	10^3	K	Пико	10^{-12}	P
Гекто	10^2	H	Фемто	10^{-15}	F
Санتي	10^{-2}	C	Атто	10^{-18}	A

В поле **U** передается знак числа, его длина составляет один байт. При положительном знаке данных в этом поле может передаваться код пробела или "+", а если передаваемые данные всегда положительны, то поле **U** может не использоваться.

Передача числа (мантиссы) в поле **V** любой длины, осуществляется, начиная со старшего разряда. Рекомендуются три формы представления чисел.

Число	Форма 1		Форма 2		Форма 3	
	Без знака	Со знаком	Без знака	Со знаком	Без знака	Со знаком
4900	0004900	+004900	4900.00	+4900.00	004.9E03	+04.9E03
	04900	+04900	004900.	+004900.	49E+02	+49E+02
	4900	+4900	4900.	+4900.	0.49E+04	+0.49E+04
-56780	Нет	-056780	Нет	-56780	Нет	-5.678E+04
		-56780		-5678E+01		
				-0.5678E+05		

Поле **W** - порядок числа используется только совместно с полем **V** при передаче данных в форме 3. Первым байтом этого поля передается символ-идентификатор **E**, свидетельствующий. Что дальнейшие байты должны интерпретироваться как знак (второй байт) и числовое значение показателя степени принятого основания. Если специально не оговаривается, то основание степени считается равным 10.

Поля **X**, **Y**, **Z** - разделители строк, блоков и записей соответственно. В поле **V** допускается передача цифр в двоичном, восьмеричном и шестнадцатеричном кодах. Рекомендуется представление цифровых данных в поле **V** в десятичном представлении в соответствии с формой 2 с указанием в поле **T** множителя.

Электрические характеристики приборного интерфейса

При передаче всех сигналов по интерфейсным линиям принят отрицательный тип

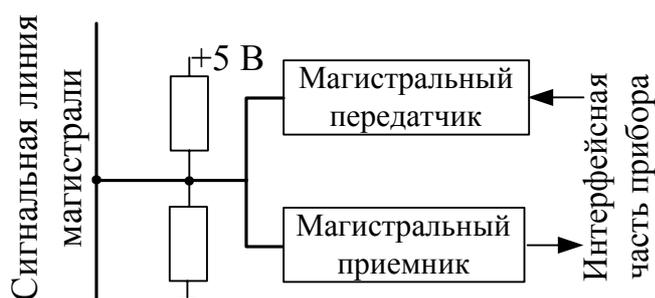


Схема подключения магистральных приемопередатчиков к интерфейсной линии

логики. Логическому "0" соответствует уровень электрического сигнала $\geq 2V$ (высокий уровень), а логической "1" уровень ≤ 0.8 (низкий уровень). Высокий и низкий уровень обеспечиваются стандартными ТТЛ - схемами, для которых напряжение питания не должно превышать +5.25В. Напряжение на

выходах магистральных передатчиков не должно превышать 0.4 В при низком уровне сигнала, и должно быть не менее 2.4 В при высоком уровне сигнала.

Максимальная скорость обмена информацией может составлять 250 кбайт/с. В реальных системах скорость обмена информацией определяется используемыми в системе приборами, от самого медленного из них и будет зависеть скорость обмена.

Физическая реализация линий магистрали осуществляется при помощи кабеля, который состоит из 24 проводников и экранирующей оболочки.

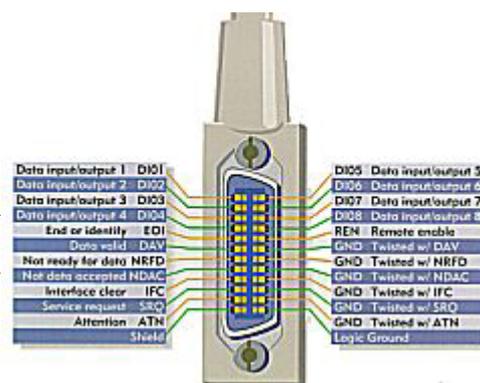
Распределение контактов кабельного и приборного разъемов.

Контакт	Линия интерфейса	Контакт	Линия интерфейса
1	DIO1	13	NRFD
2	DIO2	14	Витая пара с к 13.
3	DIO3	15	NDAC
4	DIO4	16	Витая пара с к 15.
5	DIO5	17	IFC
6	DIO6	18	Витая пара с к 17.
7	DIO7	19	SRQ
8	DIO8	20	Витая пара с к 19.
9	EOI	21	ATN
10	REN	22	Витая пара с к 21.
11	DAV	23	Экран кабеля
12	Витая пара с к 11.	24	Логическая земля

Максимальное сопротивление проводников кабеля на 1 м длины для сигнальных линий составляет 0.14 Ом\м. Для логической земли 0.085 Ом\м, для экранирующей оболочки - 0.0085 Ом\м. Распределенная емкость витой пары не должна превышать 150 пФ\м. Общая длина магистрали, для любой конфигурации соединений, должна быть не более 20 м и набираться из отрезков кабеля длиной менее 2 м. Отрезки кабеля должны оканчиваться двухсторонним разъемом, содержащим вилку и розетку с винтовыми зажимами.

ГPIB. Общие положения

Интерфейс IEEE-488 был разработан для подключения и управления программируемых приборов (тестового и измерительного оборудования, цифровых мультиметров и логических анализаторов) к управляющим устройствам, таким как компьютеры компанией Hewlett-Packard и названа Hewlett-Packard Instrument Bus (HP-IB). Интерфейс быстро стал популярен и в 1978 году интерфейс был признан Institute of Electrical and Electronics Engineers и был назван IEEE Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation, IEEE-488-1978(сейчас IEEE 488.1), более известный как General Purpose Instrumentation Bus (GPIB).



В дополнение к IEEE несколько других комитетов по стандартизации переняли основные положения стандарта HP-IB. American National Standards Institute's разработал стандарт известный как ANSI Standard MC 1.1, а International Electrotechnical Commission стандарт IEC Publication 625-1. В июне 1987 года IEEE одобрил новую ревизию стандарта IEEE-488-1987(сейчас IEEE 488.2).

Практически любой прибор может быть использован с интерфейсом IEEE-488, т.к. в нем ничего не сказано о внутренних функциях прибора или о форме представления данных. Вместо этого в стандарте определены отдельные компоненты, интерфейсные устройства которые могут быть добавлены в приборы. Сигналы, поступающие на интерфейс от шины IEEE-488 и от прибора, определены в стандарте. Прибор не имеет полного контроля над интерфейсом. Обычно контроллер интерфейса определяет порядок его работы. Ведущий контроллер выполняет функции управления всеми приборами подключенными к шине.

Системный контроллер и активный контроллер

При включении интерфейса IEEE-488 устройство запрограммированное быть системным контроллером становится активным (текущим) контроллером. Системный контроллер имеет несколько уникальных особенностей, включая возможность посылать команду сброса интерфейсных модулей Interface Clear (IFC) и команду разрешения дистанционного управления приборами Remote Enable (REN). Команда сброса перезапускает все интерфейсные устройства и возвращает управление системному контроллеру. REN позволяет отвечать устройствам на данные, поступающие по шине при условии их перевода в режим «приемник (Listeners)». Системный контроллер может передавать управление другим контроллерам, которые становятся активным контроллером.

Приемник, передатчик и контроллер

Существуют три типа устройств, которые могут быть подключены к шине IEEE 488 (приемник, передатчик и контроллер). Некоторые устройства могут выполнять более одной функции. Стандарт позволяет подключить до 15 устройств на одну шину.

Минимальная конфигурация включает один контроллер и один приемник или передатчик. На одной шине возможно присутствие нескольких **контроллеров**, но в каждый конкретный момент времени только один контроллер активен. Активный контроллер может передавать контроль другому контроллеру, который в свою очередь

возвращает его назад или передает другому контроллеру. **Приемник** это устройство которое принимает информацию с шины когда поступает команда от контроллера, а **передатчик** передает информацию если получает разрешение от контроллера. Контроллер может настроить передатчик и группу приемников, позволяя передавать информацию между группами устройств.

Сигналы интерфейса

Интерфейс IEEE-488 использует 16 сигнальных линий и 8 линий "земля". 16 сигнальных линий разделены на 3 группы (8 линий – шина данных, 3 линии – шина синхронизации и 5 линий шины управления).

Шина данных (Data Bus)

Линии DIO1–DIO8 используются для передачи адресов, управляющих сигналов и данных. Форматы для сигналов управления и адресации определены в стандарте. Формат передаваемых данных не определен и может быть, например, ASCII код с битом четности или без него. По линии DIO1 передается младший бит передаваемой информации (Least Significant Bit).

Линии синхронизации (Data Byte Transfer Control Bus)

Три линии синхронизации (NRFD, NDAC, DAV) управляют передачей байтов сообщений между устройствами и формируют сигналы подтверждения на передачу и прием данных. Такая процедура «рукопожатия – handshaking» гарантирует, что байты на шине данных передаются и принимаются без ошибок при передаче и является отличительной особенностью интерфейса IEEE-488.

Сигнал синхронизации NRFD (Not Ready for Data) формируется приемниками для сигнализации что они не готовы к приему следующего байта информации или управляющих сигналов. Следует помнить что контроллер не видит сигнал NRFD пока все приборы не разблокируют этот сигнал (т.е. все устройства готовы к приему информации).

Сигнал на линии NDAC (Not Data Accepted) формируется приемниками для сигнализации что они еще не обработали информацию на шине данных. Этот сигнал также формируется коллективно (т.е. всеми приборами совместно).

Сигнал DAV (Data Valid) формируется передатчиком после того как информация и управляющий байт помещен на шину данных и прошло минимально необходимое время для их стабилизации. Байт информации теперь может быть считан с шины устройствами.

Квитирование установления связи (Handshaking)

Процедура квитирования определяется следующим образом. Если контроллер или передатчик хочет передать данные на шину, он устанавливает линию DAV в "1" (data not valid), и проверяет чтобы обе линии NRFD и NDAC находились в состоянии "0" и после этого устанавливает передаваемые данные на шину данных.

Когда все приборы подключенные к шине могут принять данные и готовы, то они разблокируют линию NRFD. Когда последний приемник разблокирует линию NRFD и она переходит в состояние логической "1", то контроллер или передатчик переводит линию в состояние "0" сигнализируя что данные могут быть считаны с шины данных.

В свою очередь каждый приемник переводит линию NRFD в состояние "0", сигнализируя что они заняты приемом данных и переводят линию NDAC в "1" после того как они приняли данные. Когда самый медленный приемник примет данные на

линии NDAC сформируется сигнал высокого уровня контроллер или передатчик может установить сигнал DAV снова в "1" инициализируя передачу нового байта.

Следует помнить, если после установки линии в "1" контроллер видит на двух линиях NRFD и NDAC логические "1", то произошла ошибка. В случае если какое либо из устройств подключенных к интерфейсу не может выполнить процедуру квитирования и освобождает линию NDAC или NRFD, то передача данных по интерфейсу невозможна. В конечном счете генерируется ошибка превышения времени выполнения операции " timeout ".

Скорость передачи данных определяется характеристиками самого медленного устройства подключенного к шине. Поэтому трудно оценивать скорость передачи данных по шине, т.к. она всегда зависит от подключенных устройств. Максимальная скорость передачи данных по интерфейсу IEEE-488 составляет около одного мегабайта в секунду.

Линии управления (General Interface Management Bus)

Пять линий управления (ATN, EOI, IFC, REN, SRQ) управляют потоком управляющих и информационных байт передаваемых по интерфейсу.

Сигнал ATN (Attention) формируется контроллером и определяет какие данные устанавливаются на шине данных – адрес или управляющая информация. ATN устанавливается в "1" позволяя определенному передатчику поместить данные или информацию о своем состоянии на шину данных. Контроллер возвращает контроль над линией, обычно это производится синхронно с квитированием для избежания смешения управляющих данных с информацией.

Сигнал EOI (End or Identify) имеет две функции. Передатчик добавляет сигнал EOI одновременно с последним передаваемым байтом данных, для сигнализации окончания передачи. Контроллер может добавить EOI к сигналу ATN для инициализации упорядоченного опроса (parallel poll). Хотя не все приборы используют режим параллельного опроса, все приборы должны использовать EOI окончивая передачу данных.

Сигнал IFC (Interface Clear) формируется системным контроллером для сброса (перевода) всех приборов в начальное (известное) состояние. После установления линии в "1" системный контроллер становится активным контроллером.

Сигнал REN (Remote Enable) формируется системным контроллером. Его разрешение не переводит приборы в режим дистанционного управления, REN только разрешает переход в этот режим, если прибор находится в режиме передатчика. В этом режиме прибор игнорирует команды, поступающие с лицевой панели управления прибора.

Сигнал SRQ (Service Request) выполняет роль сигнала прерывания, который может формироваться любым прибором с целью запроса к контроллеру на выполнение некоторых действий. Контроллер должен определить, какой прибор сформировал сигнал SRQ, проведя последовательный опрос. Устройство, сформировавшее сигнал SRQ, сбрасывает его, после того как оно опрошено.

Адресация приборов

Стандарт позволяет подключить к шине одновременно до 15 приборов. Каждый прибор имеет уникальный первичный адрес от 0 до 30, устанавливаемый переключателями в приборе. Вторичный адрес может быть также установлен в

диапазоне 0-30. Более подробную информацию о первичных и вторичных адресах следует смотреть в документации на прибор.

Физические характеристики интерфейса

Интерфейс может объединять приборы с использованием магистральной или звездообразной топологией, или их комбинацией с использованием экранированного 24 жильного кабеля. Стандартный кабель IEEE-488 имеет с обеих сторон по вилке и розетке. Специальные адаптеры и нестандартные кабели могут использоваться для подключения специализированных устройств. Интерфейс IEEE-488 определяет максимальную длину линии связи 20 метров причем не должно быть более чем 20 подключенных приборов и не более чем две трети приборов могут быть включены. Максимальное расстояние между приборами не должно превышать 4 метров, а среднее расстояние должно составлять 2 метра. Для преодоления данных ограничений допустимо применять расширители интерфейса позволяющие увеличивать длину передачи (extender) и количество подключаемых устройств (expander).

Для передачи данных по интерфейсу используются TTL уровни сигналов с негативной логикой, высокому уровню соответствует передача "0", а низкому уровню передача "1".

Заключение

Стандарт IEEE-488.1 существенно упростил объединение программируемых приборов ясно определив механические, аппаратные и электрические аспекты протокола. Впервые приборы различных производителей могли быть объединены стандартным кабелем. Этот стандарт не определял форматы передаваемых данных, сообщений о состоянии устройств, механизм обмена сообщениями, общие команды конфигурации приборов или специализированные команды.

Стандарт IEEE-488.2 расширил и усилил стандарт IEEE-488.1 стандартизовав форматы данных, сообщения о состоянии приборов, процедуру обработки ошибок, функции контроллеров и общие команды. Он в основном сконцентрировался на вопросах программной реализации протокола, и сохраняет совместимость с аппаратно ориентированной версией IEEE-488.1. Стандарт IEEE-488.2 обеспечивает большую совместимость и надежность.

Порядок обмена по интерфейсу CENTRONICS

Основным назначением интерфейса Centronics (аналог ИРПР-М) является подключение к компьютеру принтеров различных типов и соответственно распределение контактов разъема, назначение сигналов, программные средства управления интерфейсом ориентированы именно на это использование. С помощью данного интерфейса можно подключить к компьютеру и другие внешние устройства, имеющие разъем Centronics, а также специально разработанные устройства сопряжения.

Назначение контактов разъема Centronics

Контакт разъема компьютера	Цепь	I/O	Контакт разъема принтера
1	-STROBE	O	1
2	D0	O	2
3	D1	O	3
4	D2	O	4
5	D3	O	5
6	D4	O	6
7	D5	O	7
8	D6	O	8
9	D7	O	9
10	-ACK	I	10
11	BUSY	I	11
12	PE	I	12
13	SLCT	I	13
14	-AUTO FD	O	14
15	-ERROR	I	32
16	-INIT	O	31
17	-SLCT IN	O	36
18...25	GND	-	16,17,19...30,33

Сигналы Centronics имеют следующее назначение (все сигнал TTL уровня)
D0-D7 - 8 разрядная шина данных для передачи из компьютера. Логика сигналов положительная.

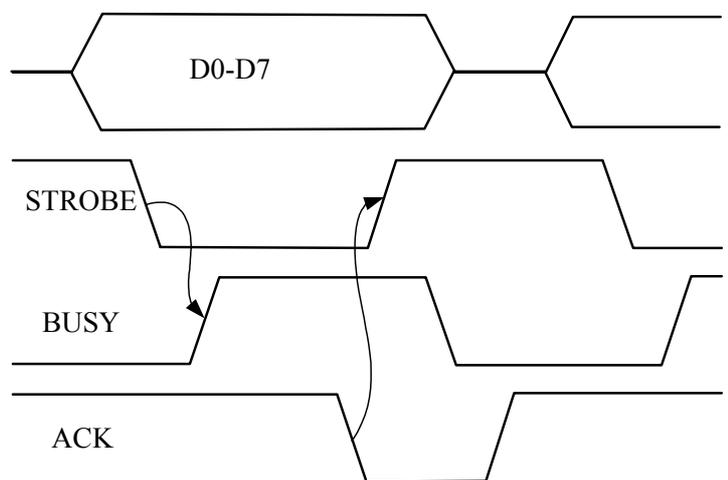
- **-STROBE** - сигнал стробирования данных. Данные действительны как по переднему, так и по заднему фронту сигнала. Сигнал говорит приемнику (принтеру), что можно принимать данные.
- **ACK**- сигнал подтверждения принятия данных и готовности приемника принять следующие данные. (то есть здесь реализуется асинхронный обмен информацией).
- **BUSY** - сигнал занятости принтера обработкой полученных данных и неготовности принять следующие данные. Активен при переходе принтера в состояние off-line или при ошибке, а также при отсутствии бумаги.
- **-AUTO-FD** - сигнал автоматического перевода строки. Получив его, принтер переводит каретку на следующую строку.

Остальные сигналы не являются обязательными.

- **PE** - сигнал конца бумаги. Получив его, компьютер переходит в режим ожидания. Снимается если вставить в принтер лист бумаги.
- **SLCT** - сигнал готовности приемника. С его помощью принтер говорит, что он

выбран и готов к работе. У многих принтеров имеет постоянно высокий уровень.

- **SLCT IN** - сигнал принтеру о том, что он выбран и последует передача данных.
- **ERROR** - сигнал ошибки принтера, активен при внутренней ошибке, переходе принтера в состояние off-line или при отсутствии бумаги. (Некоторые сигналы дублируют друг друга).
- **INIT** - сигнал инициализации (сброса) принтера. Его длительность не менее 2.5 мкс. Происходит очистка буфера печати.



Временная диаграмма цикла передачи данных в Centronics

Перед началом цикла передачи данных компьютер должен убедиться, что сняты сигналы **BUSY** и **-ACK**. После этого выставляются данные, формируется строб, снимается строб, и снимаются данные. Принтер должен успеть принять данные с выбранным темпом. При получении строба, принтер формирует сигнал **BUSY**, а после окончания обработки данных выставляет сигнал **-ACK**, снимает **BUSY** и снимает **-ACK**. Затем может начинаться новый цикл.

Все сигналы интерфейса Centronics передаются в уровнях ТТЛ и рассчитаны на подключение одного стандартного входа ТТЛ. Максимальная длина соединительного кабеля по стандарту 1.8м.

В интерфейсе Centronics для подключения к компьютеру произвольных устройств может использовать 17 линий, назначение которых можно выбирать по своему усмотрению.

Формирование и прием сигналов интерфейса производится путем записи и чтения выделенных для него портов ввода-вывода.

В компьютере может быть до трех портов Centronics обозначаемых LPT1, LPT2, LPT3. Таблица базовых адресов портов находится в области данных BIOS, начиная с ячейки 408H: LPT1-0:408H, LPT2- 0:40AH, LPT3-0:40CH. Если порт не установлен, то в соответствующей ячейке записан 0.

Обычно базовые адреса портов следующие: LPT1-378H, LPT2-278H, LPT3-3BCH. Порт LPT3 используется в том случае, когда контроллер принтера находится на плате графического адаптера Hercules или EGA. Базовый адрес порта используется для передачи принтеру байта данных.

BASE - регистр данных.

BASE+1 - регистр состояния.

BASE+2 - регистр управления.

Программирование параллельного порта заключается в установке битов в регистрах данных и управления и чтения определенных битов из регистра состояния.

Регистр данных - обычный байтовый регистр, два другие регистра имеют некоторые особенности.

Программные регистры стандартного параллельного порта (SPP)

Смещение	Имя	Чтение / запись	Бит №	Свойства
База + 0	Порт данных	Запись (*)	Биты 7-0	Данные 7-0

(*):если порт двунаправленный, то для регистра данных возможны операции и чтения, и записи.

Базовый адрес, обычно называемый портом данных или регистром данных, используется просто для вывода данных на линии данных параллельного порта (выводы 2-9). Этот регистр обычно доступен только для записи. Если вы попытаетесь читать из этого порта, вы получите последний посланный байт. Однако, если у вас двунаправленный порт, вы можете считывать данные из этого порта.

Смещение	Имя	Чтение / запись	Бит №	Свойства
База + 1	Порт состояния	Только чтение	Бит 7	Busy
			Бит 6	Ack
			Бит 5	Paper Out
			Бит 4	Select
			Бит 3	Error
			Бит 2	IRQ (Not)
			Бит 1	Reserved
			Бит 0	Reserved

Порт состояния (базовый адрес + 1) доступен только для чтения. Любые данные, записанные в этот порт, будут игнорироваться. Порт состояния состоит из 5 входных линий (выводы 10,11,12,13 и 15), регистра состояния IRQ и двух зарезервированных битов. Пожалуйста, обратите внимание, что бит 7 (Busy) имеет активный низкий уровень. Например. Если бит 7 содержит логический 0, это означает, что на выводе 11 +5v. Аналогично для бита 2 (nIRQ): если этот бит показывает '1', значит, прерывание не произошло.

Смещение	Имя	Чтение / запись	Бит №	Свойства
База + 2	Порт управления	Чтение и запись	Бит 7	Не используется
			Бит 6	Не используется
			Бит 5	Direction
			Бит 4	Разрешает IRQ через линию Ack
			Бит 3	Select Printer
			Бит 2	Initialize Printer (Reset)
			Бит 1	Auto Linefeed
			Бит 0	Strobe

Порт управления (базовый адрес + 2) предназначен только для записи. Когда принтер подключён к параллельному порту, используются четыре линии управления. Это - Strobe, Auto Linefeed, Initialize и Select Printer, все инвертирующие, кроме Initialize.

Биты 4 и 5 - внутреннее средство управления. Бит 4 разрешает прерывания IRQ, а бит 5 разрешает работу двунаправленному порту, то есть Вы сможете вводить 8 битов через линии данных (DATA0-7). Этот режим возможен, только если LPT порт поддерживает его. Биты 6 и 7 зарезервированы. Любая запись в эти два бита будет игнорироваться.

Некоторые биты являются инверсными. При записи в регистр управления нуля в этих битах устанавливаются единицы, а если на входах регистра состояния установлены нули, то из этих битов считываются единицы и наоборот.

Вторая особенность - четыре бита регистра управления расположены в младших битах байта, а пять битов регистра состояния в старших битах байта.

Четвертый бит регистра управления, равный единице, разрешает прерывание от принтера, используется очень редко.

Пятый бит регистра управления в Centronics не используется (смотри ниже IEEE-1284).

Основным достоинством интерфейса является его стандартность - он есть на каждом компьютере и везде работает одинаково (правда, с разной скоростью). Имеются простые и дешевые коммутаторы для подключения к одному параллельному порту нескольких устройств. Интерфейс рекомендуется для подключения относительно несложных устройств.

Основной проблемой при сопряжении устройств с интерфейсом Centronics является однонаправленность шины данных, что позволяет использовать ее только на вывод, для ввода данных без специальных мероприятий можно использовать 5 линий регистра состояния. Существует протокол обмена данными **Nibble** (полубайтами, по 4 бита), передача от периферийного устройства к компьютеру осуществляется по четырем линиям подключенным к регистру состояния. При этом линия FAULT используется для передачи 0 и 4 битов, линия SELECT используется для передачи 1 и 5 битов, линия ERROR используется для передачи 2 и 6 битов, линия BUSY используется для передачи 3 и 7 битов. По линии ACK передаются синхроимпульсы.

Указанное ограничение было снято принятием стандарта IEEE-1284, он предусматривает возможность двунаправленной передачи данных по шине данных, для этого, в регистре управления в 5 позиции расположен бит управления направлением передачи. Если он равен нулю, то данные передаются от компьютера, если единица то данные принимаются. Стандарт IEEE-1284 накладывает более жесткие требования на кабель, используемый для соединения, что позволяет обеспечить обмен данными на расстояние до 10 метров.

Порядок обмена по интерфейсу RS 232

Интерфейс предназначен для подключения к компьютеру стандартных внешних устройств (принтера, сканера, модема, мыши и др.), а также для связи компьютеров между собой. Основным преимуществом RS 232 по сравнению с Centronics является возможность передачи на значительно большие расстояния и более простой соединительный кабель. Но работать с ним несколько сложнее. Данные передаются в последовательном коде побайтно. Каждый байт обрамляется стартовыми и стоповыми битами. Данные могут передаваться как в одну, так и в другую сторону (дуплексный режим).

Назначение контактов разъемов интерфейса RS232C.

ЦЕПЬ	Контакт 25 контактного разъема	Контакт 9 контактного разъема	I/O
FG	1	-	-
-TxD	2	3	O
-RxD	3	2	I
RTS	4	7	O
CTS	5	8	I
DSR	6	6	I
SG	7	5	-
DCD	8	1	I
DTR	20	4	O
RI	22	9	I

Назначение сигналов интерфейса:

FG- защитное заземление (экран); **TxD** - данные, передаваемые компьютером в последовательном коде (логика отрицательная); **RxD** - данные, принимаемые компьютером в последовательном коде (логика отрицательная); **RTS** - сигнал запроса передачи (REQUEST TO SEND). Активен во все время передачи; **CTS** - сигнал сброса (очистки) для передачи (CLEAR TO SEND), активен во все время передачи. Говорит о готовности приемника; **DSR** - готовность данных (DATA SET READY). Используется для задания режима модема; **SG** - сигнальное заземление, нулевой провод; **DCD** - обнаружение несущей данных (DATA CARRIER DETECT); **DTR** - готовность выходных данных (DATA TERMINAL READY); **RI** - индикатор вызова (RING INDICATOR). Говорит о приеме модемом сигнала вызова по телефонной сети.

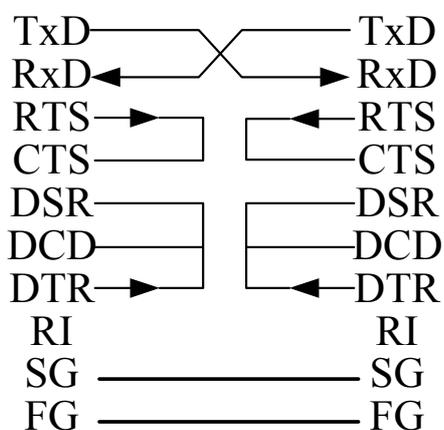
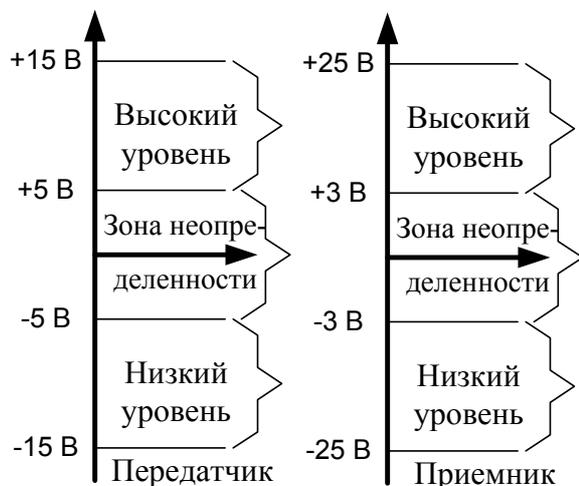


Схема 4-х проводной связи для RS 232

Наиболее часто используется трех- или четырех проводная связь (для двунаправленной передачи). Для двухпроводной линии связи, в случае только передачи из компьютера или только приема в компьютер используются линии SG и TxD или SG и RxD. Все 10 сигналов задействуются только при соединении компьютера с модемом.

Собственно данные, могут передаваться 5,6,7 или 8 бит, сопровождаются стартовым битом, битом четности и одним или двумя стоповыми битами. Получив стартовый бит, приемник выбирает биты данных через определенные интервалы времени. Очень важно, чтобы тактовые частоты приемника и

передатчика были одинаковыми (допустимое расхождение не более 10%). Скорость передачи по RS232C может выбираться из ряда: 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бит\с.



Уровни сигналов на передающей и принимающей стороне линии связи

Все сигналы RS232 передаются специально выбранными уровнями, обеспечивающими высокую помехоустойчивость связи. Данные передаются в инверсном коде - логической единице соответствует низкий уровень, логическому нулю - высокий уровень.

Для подключения произвольного устройства к компьютеру через RS 232 обычно используют трехпроводную линию связи, но могут задействоваться и другие сигналы интерфейса.

В состав компьютера обычно входят два последовательных порта, обозначаемых COM1 (адреса 3F8-3FFH) и COM2 (адреса 2F8-2FFH), реже бывают COM3 (адреса 3E8-3FFH) и COM4 (адреса 2E8-2FFH).

Контроллер последовательного обмена (UART - Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, Универсальный асинхронный приемопередатчик - УАПП), входящий в состав персонального компьютера, реализует следующие функции:

- преобразование параллельного кода в последовательный, при передаче, и обратное преобразование при приеме;
- формирование стартового, стопового битов и бита четности и контроль их правильности при приеме;
- прием и передачу данных на заданной скорости
- формирование и контроль состояния сигналов интерфейса RS 232.

УАПП может быть выполнен на специальной микросхеме i8251 (КР580ВВ51), i8250 (КР1847ВВ2), TL16C450, TL16C550 или может входить в состав БИС (УАПП в микроконтроллерах 1816ВЕ51, i80С51, АТ89С52, PIC и др.).

Сопряжение посредством интерфейса RS 232.

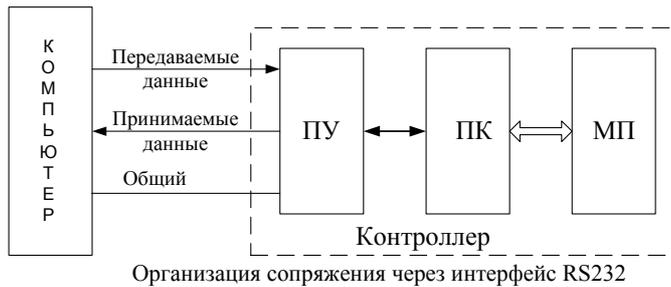
Задача сопряжения компьютера с объектом обмена информацией обычно формулируется следующим образом: требуется обеспечить связь с удаленным контроллером, обслуживающим какое-либо устройство.

Обычно такой контроллер представляет собой микроЭВМ осуществляющую сбор информации и выдачу управляющих воздействий на органы управления (если они имеются).

Для нас существенным моментом является наличие в контроллере процессора, обеспечивающего взаимодействие различных его узлов. Если контроллер не имеет собственного интеллекта, то задача сопряжения существенно усложняется или практически невыполнима.

Исходными данными для нас является то, что в контроллере имеется микропроцессор, который должен передавать или принимать информацию в\от

компьютера через RS232.



ПУ - преобразователь уровней обеспечивает электрическое согласование уровней сигналов последовательного интерфейса, формируемых контроллером интерфейса компьютера ($\pm 12\text{В}$) с уровнями сигналов присутствующими в микропроцессорной системе. (Как правило ТТЛ уровнями 0-5В).

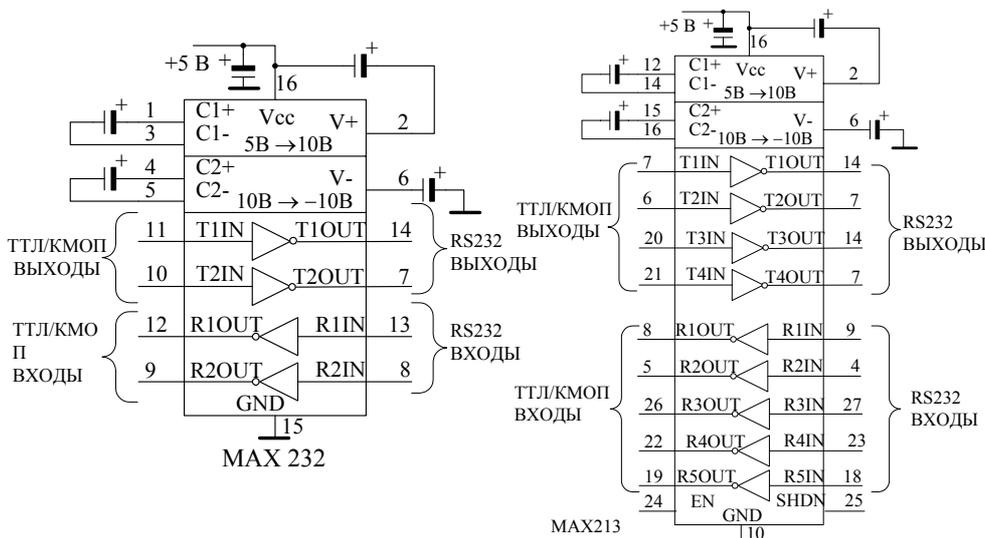
ПК - преобразователь кода, преобразует последовательное представление информации в параллельное (и наоборот), осуществляя распознавание начала и конца посылки, синхронизацию приема-передачи битов информации, слежение за наличием ошибок, информирование о готовности к выполнению операций и прочее.

Преобразователи уровня.

В зависимости от требований, предъявляемых к системе, преобразователи уровня могут быть выполнены на дискретных элементах (транзисторы и резисторы, логические элементы) или с использованием специализированных микросхем преобразователей уровней 170АП2 (два передатчика), 170УП2 (четыре приемника), КР 559ИП19 (IFC1488) -четыре передатчика, КР559ИП20 (IFC1489).

Недостатком таких преобразователей является необходимость наличия источника двухполярного напряжения питания $\pm 12\text{В}$. Хотя в компьютере такие напряжения есть, на разъем интерфейса RS232С они не выведены, и использовать их затруднительно.

Обойтись без дополнительных источников питания возможно, применив специальные интерфейсные микросхемы, выпускаемые фирмой MAXIM и многими другими.



Это микросхемы MAX200-213, MAX220-249 отличающиеся друг от друга питающими напряжениями 1,8-13,2 В, количеством приемников и передатчиков в одной микросхеме (до 10 приемников и до 8 передатчиков), наличием дополнительных управляющих выводов.

Микросхемы содержат преобразователь напряжения $+5\text{В}$ в напряжение $+10\text{В}$ (генератор + умножитель напряжения), инвертор (преобразующий напряжение $+10\text{В}$ в -10В) и собственно преобразователи уровня сигналов последовательного интерфейса. Большинство из них требуют применения дополнительных внешних элементов (конденсаторов).

В микросхеме MAX213 в режиме SHUTDOWN можно принимать сигнал через два из пяти приемников. SHUTDOWN позволяет экономить энергию при питании от

батареи, в этом режиме схем потребляет около 5 мВт, МАХ213- 75 мВт.

Следующая схема позволяет обеспечить связь при значительном до 2 километров удалении объекта с сохранением в качестве порта ввода-вывода стандартного последовательного интерфейса, Эта схема преобразователя RS232 - "токовая петля 20 мА."

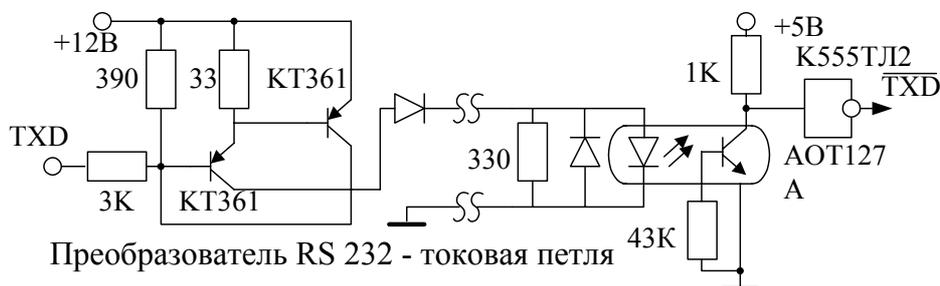


Схема осуществляет гальваническую развязку сопрягаемых устройств, что важно при значительных расстояниях между объектами, из-за возможности появления блуждающих токов в несколько ампер. Для двунаправленной связи приемная и передающая части должны быть подключены к обоим концам кабеля.

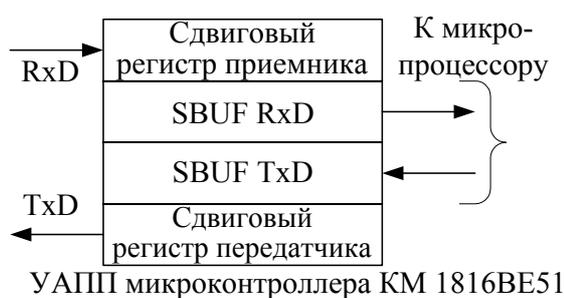
Преобразователи кода.

Преобразование кода из параллельного в последовательный (и наоборот) может осуществляться в зависимости от конкретной реализации сопрягаемого устройства следующими способами:

1. Применение в качестве процессора устройства однокристальной микроЭВМ содержащей универсальный асинхронный приемопередатчик.
2. Если процессор не обладает встроенным УАПП или его использование, по каким либо причинам, невозможно, а также, если требуется несколько каналов последовательного ввода-вывода, преобразователи кодов выполняются на основе специализированных внешних интегральных схем.
3. Если нежелательно использование дополнительных микросхем, имеются свободные вычислительные ресурсы процессора и два свободных разряда параллельного интерфейса, можно организовать программное преобразование кода при его считывании или выводе информации. Высокое быстродействие некоторых современных микроконтроллеров (например, фирмы Scenix, выполняющих 50-75 миллионов операций в секунду) позволяет использовать их в качестве периферийных устройств, таких как преобразователи кода, заменяя аппаратное решение программным. Модули программного обеспечения, реализующие такие функции, называются «Виртуальными Периферийными Устройствами» обеспечивают уменьшение числа компонентов, время разработки, увеличивают гибкость проектов и, в конечном счете, уменьшают стоимость системы.

УАПП микропроцессора КМ1816ВЕ51

Через УАПП осуществляется прием и передача информации представленной последовательным кодом (младшими битами вперед) в дуплексном режиме обмена. Вход приемника линия P3.0 порта 3 (RxD). Выход передатчика линия P3.1 порта 3 (TxD).



В состав УАПП входят принимающий и передающий сдвиговые регистры, а также специальный буферный регистр SBUF приемопередатчика. Запись байта в буфер приводит к автоматической переписи байта в сдвигающий регистр и инициирует начало передачи байта. Наличие буферного регистра позволяет совмещать операцию чтения ранее

принятого байта с приемом очередного байта. Если к моменту окончания приема байта предыдущий байт не был считан из SBUF, то он будет потерян.

УАПП МК51 может работать в четырех различных режимах.

РЕЖИМ 0. В этом режиме информация принимается и передается через внешний вывод входа приемника (RxD). Принимаются или передаются 8бит данных. Через внешний вывод передатчика (TxD) выдаются импульсы сдвига, которые сопровождают каждый бит. Частота передачи бита информации равна $1/12$ частоты резонатора микропроцессора.

РЕЖИМ 1. В этом режиме передаются через TxD или принимаются из RxD 10 бит информации: старт бит (0), 8 бит данных и стоп бит (1). Скорость приема\передачи - величина переменная и задается таймером микропроцессора.

РЕЖИМ 2. В этом режиме через TxD передаются или из RxD принимаются 11 бит информации: старт бит (0), 8 бит данных, программируемый девятый бит и стоп бит (1). Программируемый девятый бит может устанавливаться в 1 или 0 пользователем, например, для контроля по четности. Частота приема\передачи устанавливается программно и может быть равна либо $1/32$, либо $1/64$ частоты резонатора (тактового генератора) в зависимости от управляющего бита SMOD в регистре управления мощностью PCON.7. (Удвоенная скорость передачи, если бит установлен в 1, то скорость передачи вдвое больше, чем при SMOD=0).

РЕЖИМ 3. Совпадает с режимом 2 за исключением частоты передачи, которая может быть разной и задается таймером.

Управление режимом работы осуществляется через специальный регистр управления\статуса УАПП с символическим именем SCON (адрес 98H).

Бит	Назначение
SM0 (SCON.7)	Биты управления режимом работы УАПП: 00-режим 0, 01-режим 1, 10-режим 2, 11-режим 3. Устанавливаются\сбрасываются программно.
SM1 (SCON.6)	
SM2 (SCON.5)	Устанавливается программно для запрета приема сообщения, в котором девятый бит равен нулю
REN (SCON.4)	Бит разрешения приема. Устанавливается\сбрасывается программно для разрешения\запрета приема данных.
TB8 (SCON.3)	Передача бита 8. Устанавливается\сбрасывается программно для задания девятого передаваемого бита во 2 и 3 режимах УАПП.
RB8 (SCON.2)	Прием бита 8. Устанавливается\сбрасывается аппаратно для фиксации девятого принимаемого бита в режимах 3 и 3.
TI (SCON.1)	Флаг прерывания передатчика. Устанавливается аппаратно при окончании передачи байта. Сбрасывается программно после обслуживания прерывания.
RI (SCON.0)	Флаг прерывания приемника. Устанавливается аппаратно при приеме байта. Сбрасывается программно после обслуживания прерывания

Прикладная программа путем загрузки в биты SM0 и SM1 регистра SCON 2 битного кода определяет режим работы УАПП. Во всех четырех режимах передача из УАПП инициируется любой командой, в которой буферный регистр SBUF указан как получатель байта. Прием в УАПП в режиме 0 осуществляется при условии REN=1 и RI=0. В режимах 1, 2, 3 прием начинается с приходом старт-бита, если REN=1.

В бите TB8 программно устанавливается значение девятого бита данных, который будет передан в режиме 2 и 3. В режимах 2 и 3 в бите RB8 фиксируется девятый принимаемый бит данных. В режиме 1, если SM2=0, в бит RB8 заносится стоп-бит. В режиме 0 бит RB8 не используется.

В режимах 1,2,3 прием начинается при переходе сигнала на входе RxD из состояния 1 в состояние 0. Для этого под управлением внутреннего счетчика вход опрашивается 16 раз за период представления бита. Например, при скорости приема\передачи 1200 бит\с. период опроса составляет $800.16 = 50$ мкс. Как только переход из 1 в 0 на входе обнаружен, в сдвигающий регистр приемника загружается код 1FFH, внутренний счетчик по модулю 16 сбрасывается и перезапускается для выравнивания его переходов с границами периодов представления принимаемых бит. В 7, 8, 9 тактах счетчика в каждом периоде представления бита производится опрос сигнала на входе RxD. За значение принимаемого бита принимается то, которое было получено по меньшей мере дважды из трех замеров (так называемое мажоритарное голосование по принципу "два из трех". Если значение принятое в первом периоде не равно 0 (старт-бит), то блок управления приемом вновь возвращается к поиску перехода из 1 в 0. Это механизм обеспечивает подавление ложных старт-бит.

В режиме 1, при приеме данных, перегрузка из сдвигового регистра в буферный, установка бита RB8 и флага RI, произойдет только в том случае, если в последнем такте сдвига выполняются два условия:

- 1) бит RI=0
 - 2) SM2=0 (стоп-бит может быть 0 и 1)
- SM2=1 (принятый стоп-бит равен 1).

Если хоть одно из этих условий не выполняется, то принятая последовательность бит теряется, блок управления приемом вновь ожидает переход из 1 в 0 на входе RxD.

В режимах 2 и 3 изменяется второе условие: 2) SM2=0 (девятый бит данных 0 или 1) SM2=1 (девятый бит данных равен 1).

В режимах 1 и 3 в формировании скорости передачи кроме управляющего бита SMOD принимает участие таймер 1. Частота передачи определяется выражением:

$$f_{1,3} = (2^{SMOD} / 32)(f_{рез} / 12) / (256 - TH1)$$

SMOD - значение управляющего бита 0 или 1; $f_{рез}$ - частота резонатора (кварца); TH1 - число загружаемое в старший регистр таймера 1 от 0 до 255.

Максимальные скорости передачи при частоте резонатора 12 МГц составляют: режим 0 - 1 Мбит/с, 2 - 375 кбит/с, 1,3 - 62,5 кбит/с.

Для сопряжения по интерфейсу используется режим 1 - 8 бит и режим 3 - 9 бит данных, с возможностью изменения скорости передачи.

Для формирования управляющих сигналов (DTR, RTS) и приема сигналов (CTS, DSR, DCD, RI) могут быть использованы любые свободные линии любого порта микропроцессора подключенные через преобразователи уровня.

УАПП на основе микросхемы i8250 (КР1847ВВ2)

УАПП является программируемым устройством, которое использует двунаправленную 8-ми битовую шину данных с 3-мя состояниями.

1			40
2	D0	Vcc	39
3	D1	-RI	38
4	D2	-DCD	37
5	D3	-DSR	36
6	D4	-CTS	35
7	D5	MR	34
8	D6	-OUT1	33
9	D7	-DTR	32
10	RCLK	-RTS	31
11	SIN	-OUT2	30
12	SOUT	INTR	29
13	CS0	NC	28
14	CS1	A0	27
15	-CS2	A1	26
16	-BDOUT	A2	25
17	XTAL1	-AD	24
18	XTAL2	CSOUT	23
19	-DOSTR	DDIS	22
20	DOSTR	DISTR	21
	GND	-DISTR	

УАПП используется для преобразования параллельных данных в последовательный формат со стороны передачи и преобразования последовательных данных в параллельные со стороны приемника. Последовательный формат представляет собой стартовый бит для передачи и приема, следующие от 5-ти до 8-ми битов данных, бит паритета (если запрограммирован) и один, полтора (только 5-ти битового формата) или два стоповых бита. Максимальная рекомендуемая скорость передачи данных 56 Кбод. Внутренние регистры дают возможность пользователю программировать различные типы прерываний, сигналов управления модема и знаковые форматы. Пользователь может считывать состояние УАПП в любое время, читая регистры состояния, прерывания и состояния модема.[5]

Дополнительной характерной особенностью УАПП является программируемый генератор скорости, который может делить или внутренний синхронизирующий сигнал от кварца или внешнюю частоту уровня TTL на число от 1 до $2^{16}-1$.

УАПП спроектирован для работы, как в управляемой системе прерывания, так и в системе опроса, которая программируется пользователем и работает под управлением программного обеспечения с использованием внутреннего регистра.

Информация считывается и записывается в УАПП в параллельном коде через выводы данных D0-D7. Назначение регистров микросхемы адресуемых с помощью линий A0-A2 аналогично регистрам порта COM (там стоит такой же УАПП). Микросхема имеет все необходимые входы/выходы для сопряжения по интерфейсу RS232.

Такую же цоколевку и назначение основных регистров имеют микросхемы TL16C450 TL16C550 [5].

- Эти же микросхемы формируют и обрабатывают управляющие сигналы интерфейса. COM-порты IBM PC XT/AT базируются на микросхемах, совместимых на уровне регистров с UART i8250 - 8250/16450/16550A. Это семейство представляет собой усовершенствование начальной модели, направленное на повышение быстродействия, снижение потребляемой мощности и загрузки процессора при интенсивном обмене.

Микросхемы 8250х имеют невысокое быстродействие по обращениям со стороны системной шины. Они не допускают обращения к своим регистрам в смежных шинных циклах процессора - для корректной работы с ними требуется введение программных задержек между обращениями CPU.

В компьютерах класса AT применяют микросхемы УАПП следующих модификаций:

- 16450 - быстродействующая версия 8250 для AT. Требуется для работы OS/2 с COM-портами;
- 16550 - развитие 16450. Может использовать канал прямого доступа к памяти для обмена данными. Имеет FIFO-буфер, но некорректность его работы не позволяет им

воспользоваться;

- 16550A - имеет работающие 16-байтные FIFO-буферы приема и передачи и возможность использования канала прямого доступа к памяти.

Именно этот тип УАПП рекомендуется для применения при интенсивных обменах на скоростях 9600 бит/с и выше. Совместимость с этой микросхемой обеспечивает большинство микросхем контроллеров портов ввода/вывода, входящих в современные чипсеты.

Микросхемы UART 16550A с программной точки зрения представляют собой набор регистров, доступ к которым определяется адресом (смещением адреса регистра относительно базового адреса порта). В адресном пространстве микросхема занимает 8 смежных адресов.

УАПП НА ОСНОВЕ МИКРОСХЕМЫ MAX 3100

Данный УАПП был специально оптимизирован для миниатюрных систем построенных на базе микроконтроллеров. Использование SPI/Microwire интерфейса для обмена информацией с микропроцессором позволило уменьшить габариты УАПП, который выпускается в 14 и 16 выводном корпусах. Асинхронные входы/выходы предназначены для использования в интерфейсах RS232, RS422, RS485 и оптически изолированных линиях связи. MAX3100 содержит генератор с делителем обеспечивающие программно изменяемую скорость обмена информацией от 300 до 230000 бит/с. Программно или аппаратно иницируемый режим пониженного энергопотребления уменьшает потребляемый ток до 10 мкА, обеспечивая возможность детектирования начала приема данных. Буфер на 8 байт минимизирует загрузку процессора при больших скоростях обмена информацией.

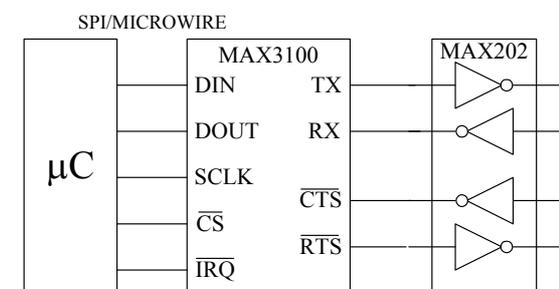
Назначение выводов MAX3100 следующее:

1	DIN	Vcc	14	DIN - вход последовательных данных интерфейса SPI/Microwire; DOUT - выход последовательных данных интерфейса; SCLK - синхросигнал интерфейса; CS – выбор кристалла; IRQ – выход сигнализация прерывания; SHDN – низкий уровень сигнала переводит микросхему в режим пониженного энергопотребления; GND - земля; X1, X2 – входы для подключения внешнего кварца; CTS – вход общего назначения; RTS – выход общего назначения; RX - вход для приема последовательных асинхронных данных; TX - выход для передачи последовательных асинхронных данных; Vcc – питающее напряжение (2.7-5.5) В.
2	DOUT	TX	13	
3	SCLK	RX	12	
4	CS	RTS	11	
5	IRQ	CTS	10	
6	SHDN	X1	9	
7	GND	X2	8	
MAX3100				

Настройка УАПП осуществляется записью 16 битного слова в регистр конфигурации, который определяет скорость обмена информацией, длину слова, наличие контрольного бита и разрешение 8-ми байтного буфера. Передача данных осуществляется путем записи в регистр передатчика 16 битного слова, в котором последние 7 или 8 бит представляют собой передаваемые данные, состояние бита четности (если разрешен). Регистр также контролирует состояние линии RTS. При принятии данных генерируется сигнал прерывания от приемника (если разрешен). При чтении 16 битного слова из буфера приемника считываются принятые данные, состояние бита четности, логический уровень на входе CTS, бит индикации ошибок при

приеме.

Передатчик MAX3100 принимает данные по интерфейсу SPI/Microwire (рис), форматирует их и передает в последовательном асинхронном виде с заданной скоростью через вывод TX, добавляя стартовые и стоповые биты. Приемник принимает данные в последовательном коде, определяя стартовый бит по переходу уровня на входе RX из единицы в нуль и последующему мажоритарным голосованием по результатам определения уровня сигнала на входе RX в 7, 8, 9 тактах внутреннего 16 тактового генератора. Значение битов данных также определяется мажоритарным голосованием.



Типовая схема сопряжения MAX 3100 с микропроцессором и преобразователем уровня

MAX3100 поддерживает 9 битный режим обмена информацией в многопользовательских системах. В этом режиме бит паритета устанавливается для индикации передачи заголовка с адресом получателя информации. MAX3100 может вырабатывать сигнал прерывания в таком режиме, уменьшая нагрузку на процессор за счет игнорирования большинства передаваемых сообщений.

Программное преобразование кодов предпочтительней использовать только для передачи информации (при двухпроводной линии связи). Для приема информации желательно использовать дополнительные сигналы RTS (сигнал запроса передачи) и CTS (готовность приемника). Это позволит сократить время микропроцессора, затрачиваемое на проверку опроса состояния линии RxD. При реализации программы опроса линии RxD желательно опрашивать ее несколько раз за время представления бита, для уменьшения возможного влияния помех. (по аналогии с УАПП КМ1816BE51).

Интерфейс RS232 используется для обмена информацией только между двумя устройствами и не может быть использован для построения сетей.

Современные логические контроллеры, элементы управления, интеллектуальные сенсоры наряду с интерфейсом RS232, содержат в своем составе подсистему последовательного ввода-вывода информации на базе интерфейса RS485 в качестве средства организации территориально-распределенных систем сбора данных и управления.

Интерфейсы последовательной передачи данных RS422/RS485

(RS 422 декабрь 1978г., RS 485 - апрель 1983г.)

Стандарты RS-422/RS-485 устанавливают требования к электрическим параметрам формирователей и приемников, которые могут применяться для обмена двоичными сигналами в многоточечных системах и комплексах цифровой аппаратуры. Стандарты не определяют другие характеристики системы связи, такие как качество сигнала, методы доступа к линии связи, протокол обмена, тип, назначение и нумерацию контактов соединителей интерфейса, необходимые для правильного функционирования оборудования, вовлекаемого в информационный обмен.

Приемники и формирователи, соответствующие требованиям данных стандартов, могут быть объединены в систему связи посредством подключения к общему кабелю.

Основные характеристики интерфейсов RS422/RS485

Характеристика	RS422	RS485
Вид передаваемого сигнала	Дифференциальный сигнал	Дифференциальный сигнал
Максимальная длина линии, м	1200	1200
Минимальное выходное напряжение, В	2	1,5
Сопrotивление нагрузки передатчика, Ом	100	54
Входное сопротивление приемника (мин.), кОм	4	12
Чувствительность приемника, мВ	200	200
Диапазон входного напряжения приемника, В	-7 ÷ +7	-7 ÷ +12
Количество передатчиков \ приемников на линии	1/10	32/32

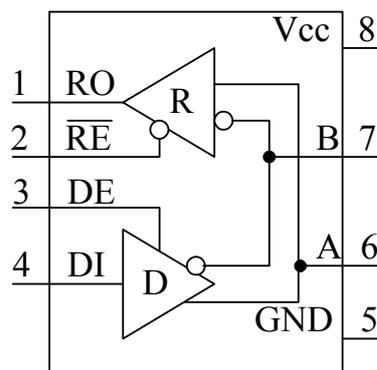
Стандарт RS422 определяет скорость передачи информации до 10 Мбит/с. Для обмена информацией по общей линии, на которой находится более чем один передатчик был разработан стандарт RS485, имеющий более жесткие требования к оборудованию, но позволяющий подключить к одной линии одновременно до 32 передатчиков и приемников.

Использование дифференциального сигнала для передачи обеспечивает высокую скорость передачи на большие расстояния в условиях воздействия помех. Дифференциальный сигнал уменьшает влияние разности потенциалов земли на передающей и приемной сторонах и шумовых сигналов воздействующих на линии передачи (синфазные помехи). В настоящее время разработана широкая гамма устройств для обмена информацией по RS485. Ведущими фирмами производителями в этой области являются MAXIM, ANALOG DEVICES, LINEAR TECHNOLOGY и др.

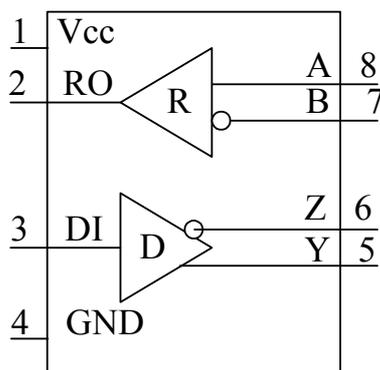
Рассмотрим сравнительные характеристики некоторых микросхем этих фирм

Характеристика	MAX									ADM	LTC
	481	483	485	487	1487	488	490	489	491	485	1485
Режим обмена информацией	П	П	П	П	П	Д	Д	Д	Д	П	П
Количество приемопередатчиков на общей шине	32	32	32	128	128	32	32	32	32	32	50-60
Скорость обмена информацией Мбит/с	2,5	0,25	2,5	0,25	2,5	0,25	2,5	0,25	2,5	5	1
SHUTDOWN	y	y	n	y	n	n	n	n	n	n	n

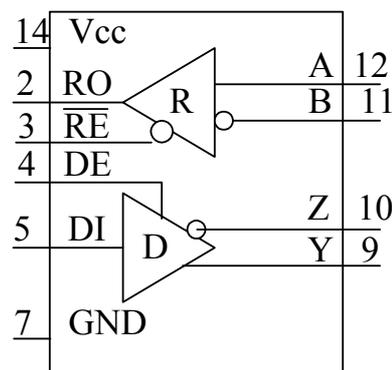
Маломощные передатчики для RS485/422, каждый содержит один DRIVER и один RECEIVER, напряжение питания у всех микросхем +5В.



MAX481,483,485,487,1487
ADM 485, LTC1485



MAX488,490



MAX489,491

Режим SHUTDOWN характеризуется низким энергопотреблением. Не более 0,1 мкА и обеспечивается установкой управляющих сигналов $\overline{RE} = 1$ и $DE = 0$.

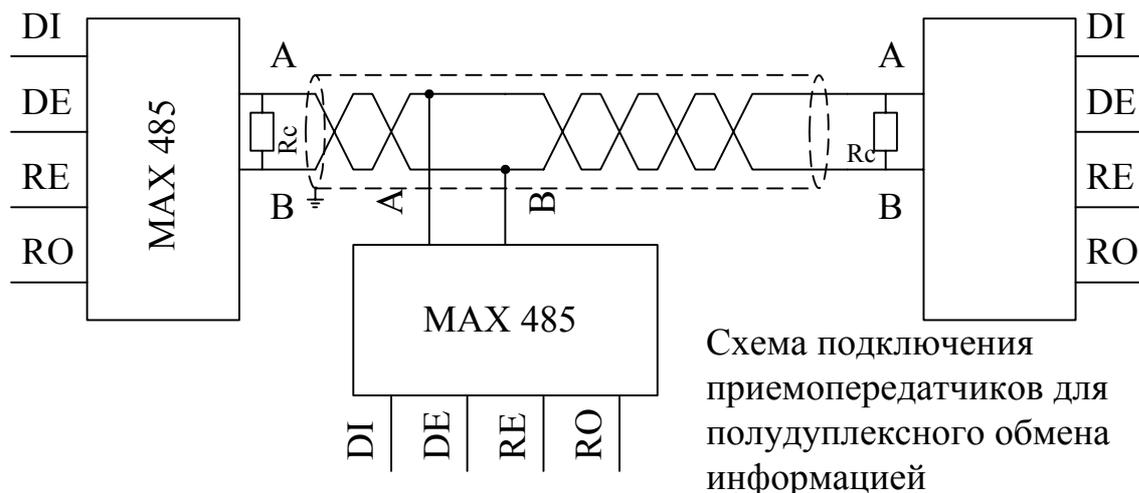
Фирмой MAXIM также выпускаются микросхемы с питающим напряжением $U_{пит} = 3,3-7В$ и скоростью передачи до 10 Мбит/с (MAX3485, 3490, 3491), а также микросхемы MAX 3480A/B имеющие внутреннюю гальваническую развязку посредством оптопар и трансформатора, обеспечивающую сохранность оконечного оборудования в случае возникновения нештатных ситуаций.

Назначение выводов микросхем.

Обозначение	Назначение
RO	Выход приемника. Если $A-B \geq +0.2В$, то $RO=1$ $A-B \leq -0.2В$, то $RO=0$
\overline{RE}	Разрешение приема. $\overline{RE}=0$ разрешает прием информации $\overline{RE}=1$ переводит выход приемника в высокоимпедансное состояние.
DE	Разрешение передачи. $DE=1$ разрешает передачу. $DE=0$ - выход передатчика переводится в высокоимпедансное состояние.
DI	Вход передатчика $DI=0$ $A-B = -(1,5-5В)$ $DI=1$ $A-B = +(1,5-5В)$
A	Не инвертирующий вход приемника \ выход передатчика (Y)
B	Инвертирующий вход приемника \ выход передатчика (Z)

Все микросхемы имеют термозащиту, если выход передатчика подключается к источнику питания или замкнут на землю, через нее может протекать ток до 250 мА. Цепь термозащиты отключает выход передатчика если внутренняя температура микросхемы достигает температуры 150°C и подключает обратно когда температура снижается до 130-140°C для различных микросхем.

Схемы подключения приемопередатчиков к линии связи.



Микросхемы MAX488/490 используются только для дуплексного обмена информацией между двумя устройствами, так как не имеют управляющего вывода отключения выход передатчика, и на линии всегда будет присутствовать какой-либо сигнал, что недопустимо при многоточечном подключении, так как активным на линии может быть только один передатчик.

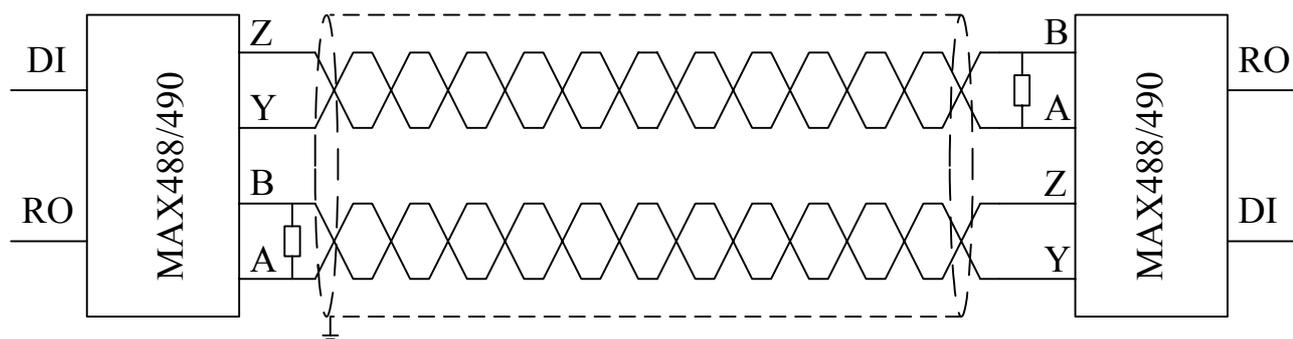


Схема подключения приемопередатчиков для дуплексного обмена информацией

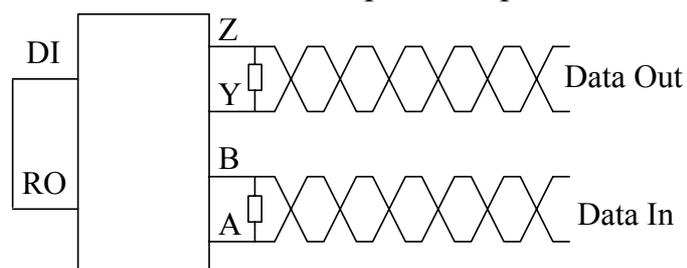


Схема подключения приемопередатчиков в качестве повторителя

При необходимости иметь линию связи более чем 1200 метров, отдельный приемопередатчик можно использовать в качестве репитера сигналов.

Как правило, система содержит несколько приемников и передатчиков и согласующие резисторы. Каждый передатчик должен обеспечивать работу на 32 единицы нагрузки помимо согласующих резисторов, каждая из которых представляется совокупностью приемника и передатчика, находящегося в пассивном состоянии. Согласующие резисторы должны подключаться к линии связи в двух наиболее удаленных друг от друга местах подключения нагрузки. Сопротивление каждого согласующего резистора должно совпадать с волновым сопротивлением кабеля (от 100 до 120 Ом).

Передатчики и приемники RS485 сохраняют работоспособность при воздействии на них синфазного напряжения в диапазоне от минус 7В до плюс 7В (мгновенное

значение). Синфазное напряжение определяется совокупностью не скомпенсированных разностей потенциалов земли приемников и передатчиков, максимальным значением напряжения помех, измеренного между землей приемника и жилами кабеля соединенными с землей (экрана) на передающей стороне линии связи, а также максимальным значением напряжения смещения выходов передатчиков. Если значение разности потенциалов между землями выходит за пределы допустимого диапазона, то при реализации сети на основе интерфейса RS485 следует применять приемопередатчики с гальванической изоляцией.

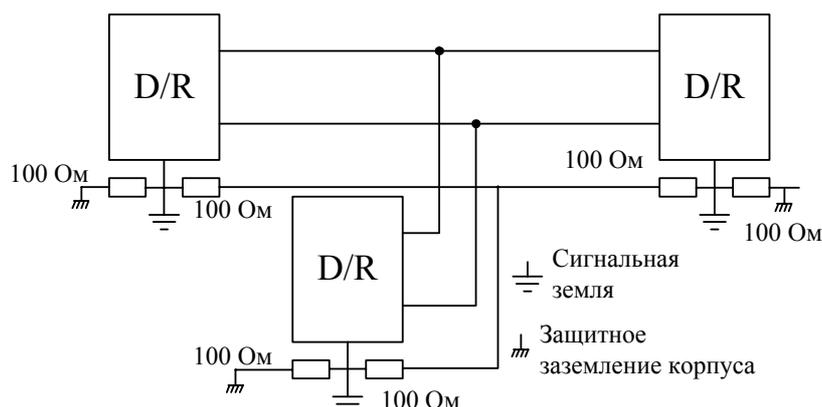
Средства объединения устройств системы на базе интерфейса RS485.

Средства объединения устройств включают в себя кабельную продукцию и согласующие резисторы. Основным видом кабеля для RS485 является витая пара. Существуют коаксиальные кабели, разработанные для RS485 содержащие внутри прямую пару проводников, однако они менее гибкие, более объемные и дорогостоящие, чем витая пара. Многие производители кабельной продукции предлагают широкий диапазон 120 Ом кабелей разработанных для RS485.

Потери в линии связи являются сложной комбинацией потерь в проводниках постоянного тока, потерь на переменном токе за счет поверхностного эффекта (SKIN EFFECT), утечек и потерь в изоляции. В хороших кабелях с полиэтиленовой изоляцией потери в изоляции и проводнике одного порядка, и сравнительно низкие суммарные потери.

Требования к реализации заземления

Для правильного функционирования цепей приемника и передатчика при обмене данными элементы системы должны иметь путь возврата сигнала между цепями заземления на приемной и передающей сторонах. Цепь заземления может быть выполнена путем непосредственного присоединения общих каждого устройства к точкам, имеющим нулевой потенциал. Такой способ допустим только при гарантированном равенстве потенциалов земли в местах размещения элементов системы.



При втором способе цепь заземления может быть реализована при помощи дренажного проводника, имеющегося внутри кабеля передачи данных.

Соединение третьего (дренажного) проводника с сигнальным общим проводом каждого устройства должно быть

выполнено через резистор небольшого номинала, например, 100 Ом, который предназначен для ограничения блуждающих токов.

При использовании экранированного кабеля передачи данных, его экран должен быть соединен с корпусом оборудования только в одной из двух наиболее удаленных точек размещения технических средств сети.

Конфликтные ситуации

Если к линии подключены два или более передатчика, то возможна ситуация их одновременного перехода в активное состояние. Подобная ситуация носит название "конфликтной". Конфликтные ситуации могут возникать по следующим причинам:

1. Включение питания системы. При включении питания системы либо при повторном включении после кратковременного отключения несколько передатчиков (или все) в процессе инициализации могут пребывать в активном состоянии.
2. Неисправность системы. Возникновение неисправности системы или сбой программного обеспечения могут привести к переводу нескольких формирователей в активное состояние.
3. Использование протокола обмена, допускающего осуществление попыток одновременного доступа к каналу связи со стороны нескольких устройств. Однако, в конечном счете, канал предоставляется одному устройству, что обеспечивает разрешение конфликтной ситуации.

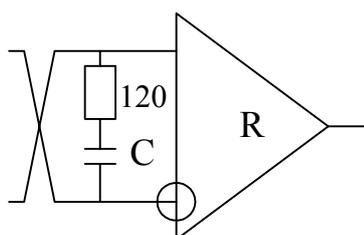
При конфликтной ситуации, когда один передатчик в активном состоянии является источником, а второй потребителем тока, может произойти чрезмерный разогрев компонентов выходных каскадов передатчиков. Передатчик должен быть оснащен средствами защиты, предотвращающими выход из строя по этой причине.

Задача защиты передатчика решается :

1. Реализацией тепловой защиты передатчика (обычно фирмой производителем). При ее срабатывании время восстановления передатчика достаточно велико (время охлаждения на 10-20°C).
2. Введением элементов ограничения тока в выходных цепях передатчика, функция которых состоит в снижении рассеиваемой мощности при протекании тока, незначительно превышающего номинальный ток. В этом случае работоспособность передатчика мгновенно восстанавливается после разрешения конфликтной ситуации.

Согласование кабеля.

Согласующий резистор необходим, чтобы предотвратить нежелательное отражение сигналов, но это требует дополнительной мощности. Типичное дифференциальное напряжение на выходе передатчика составляет 2 В если кабель согласован двумя 120 Ом резисторами, вызывая протекание в линии связи постоянного тока до 30 мА даже если данные не передаются. Единственным путем устранения нежелательного тока является последовательное включение согласующего резистора и конденсатора. Конденсатор должен позволить проходить высокочастотным сигналам, но блокировать постоянный ток и низкочастотные сигналы.



Лучшим решением является отключение передатчика после окончания передачи информации, (если такая возможность имеется).

Емкость конденсатора рассчитывается с учетом длины линии связи по формуле $C=L*4,9\text{pF}$, где L - длина линии в метрах.

Промышленные сети. ProfiBUS

Эффективность работы промышленных предприятий сегодня напрямую зависит от гибкости применяемых систем автоматизированного управления. Крупные производственные установки требуют использования нескольких децентрализованных систем управления, связанных друг с другом мощной информационной сетью, способной работать в сложных промышленных условиях. Среди прочих, поддерживаемых фирмой Siemens международных стандартов информационных сетей промышленного назначения, одно из самых важных мест занимает стандарт PROFIBUS.

В соответствии с этим стандартом нами предлагаются следующие разновидности программно-аппаратных средств:

- **PROFIBUS-DP** для обеспечения чрезвычайно быстрого обмена данными с устройствами децентрализованной периферии (интеллектуальные датчики, сенсоры и исполнительные механизмы)
- **PROFIBUS-FMS** для решения универсальных задач коммуникации
- **PROFIBUS-PA** для решения задач автоматизации непрерывных технологических процессов, особенно в зонах, требующих особой степени надежности применяемых систем и взрывоопасных зонах

Для стандарта PROFIBUS предлагаются различные физические среды передачи данных:

- Передача по двухпроводному кабелю (RS 485). Подключение оконечных устройств производится посредством шинных терминалов или штекеров; отдельные сегменты объединяются посредством повторителей; максимальная протяженность сети без использования повторителей составляет до 1200 м, при использовании повторителей - до 9600 м (расстояние зависит от скорости передачи);
- Передача по оптоволоконному кабелю. Топология сети в этом случае может иметь линейную или кольцевую структуру, а также структуру типа "звезда". Объединение отдельных сегментов производится посредством модулей OLM (Optical Link Modules) или OLP (Optical Link Plugs). Протяженность сети может достигать значения около 100 км (максимальное расстояние между двумя OLM составляет 15 км при использовании OLM/S-1300 с одномодовым кабелем)

Сети PROFIBUS обладают следующими характеристиками:

- Структура соответствует европейской норме EN 50 170
- 127 оконечных устройств (до 32 устройств на сегмент)
- Скорость передачи может быть выбрана программным способом (от 9,6 Кбит/с до 1500 Кбит/с и до 12 Мбит/с для PROFIBUS-DP)

К сети стандарта PROFIBUS могут быть подключены:

- Контроллеры SIMATIC S5, SIMATIC S7 или ПЛК других производителей
- Персональные компьютеры и промышленные компьютеры SICOMP
- Модули интеллектуальной периферии промышленного назначения с интерфейсом PROFIBUS, например ET200
- Средства визуализации SIMATIC HMI
- Приводы и системы защиты электромоторов SIMOCOD
- Системы ЧПУ SINUMERIK

Для построения сетей стандарта PROFIBUS предлагаются разные типы кабелей.

Двойное экранирование делает эти кабели особенно надежными при применении их в производственных помещениях с высокой степенью электромагнитной зашумленности.

Шинные терминалы RS-485 позволяют подключать к сети PROFIBUS активные или пассивные оконечные устройства. В состав шинного терминала входят: интегрированный кабель подключения оконечного устройства, интегрированное оконечное сопротивление, клемный блок для подключения к шине, скоба для закрепления кабеля в изоляции.

Шинные штекеры служат для подключения оконечных устройств типа PROFIBUS или оптических модулей OLM к сети PROFIBUS. Отличительной особенностью шинных штекеров является простота монтажа.

Повторитель RS 485 IP 20 для сетей PROFIBUS позволяет соединять два сегмента PROFIBUS или MPI, в каждом из которых может работать до 32 оконечных устройств. Повторитель обладает следующими характеристиками: корпус с классом защиты IP 20, два клеммных блока для подключения сегментов, один клемный блок для подключения электропитания (24 В DC), интерфейс для PG/OP, поворотный переключатель для установки скорости передачи.

PROFIBUS-DP/RS232C Link позволяет подключать устройства, имеющие интерфейс RS 232 к шине PROFIBUS DP. Optical Link Modules (OLM) позволяют организовывать оптические сети стандарта PROFIBUS с линейной, кольцевой или звездообразной топологией, а также объединять оптические и электрические сети стандарта PROFIBUS. В состав OLM включены: 9-полюсный разъем и двухполюсный клемный блок для подключения шинных сегментов PROFIBUS; оптико-электрический преобразователь.

Optical Link Plug (OLP) позволяет простым и дешевым способом объединять оптические сети PROFIBUS в структуру типа "кольцо". Использование пластикового оптоволоконного кабеля вместо витой пары позволяет существенно повысить надежность системы передачи. Эти устройства предназначены для подключения до 10 устройств типа Slave.

Протокол MODBUS

Протокол MODBUS определяет структуру сообщений принимаемых и используемых контроллерами независимо от типа используемой сети по которой передаются данные. Он описывает способ запроса доступа контроллера к другим устройствам и как он отвечает на запросы других устройств, как обнаруживаются ошибки и сообщается об их возникновении. Он устанавливает общий формат для размещения и смыслового содержания полей сообщения.

Процедура обмена сообщениями по сети MODBUS всегда инициируется(начинается) ведущим устройством ("Master") с запроса к подчиненному устройству ("Slave"). Подчиненное устройство, которое постоянно прослушивает сеть с целью обнаружения запроса, распознает только запросы адресованные к нему и реагирует, выполняя определенные действия (например, устанавливая какое-либо значение) или возвращает ответ. Только Master может инициировать запрос.

В протоколе MODBUS ведущий может адресовать одиночные ведомые устройства или используя специальный "широковещательный" адрес может передавать сообщения ко всем подчиненным устройствам.

Формат сообщений MODBUS

MODBUS протокол определяет формат сообщения запроса ведущего и ответа ведомого устройства. Запрос содержит адрес устройства (или широковещательный), код определяющий запрашиваемое действие, передаваемые данные и контрольную сумму.

. Запрос:

Slave Address	Function Code	Start Address (Hi)	Start Address (Lo)	Number of Points (Hi)	Number of Points (Lo)	Error Check (Lo)	Error Check (Hi)
---------------	---------------	--------------------	--------------------	-----------------------	-----------------------	------------------	------------------

Slave Address: 8 битное значение определяющее адрес запрашиваемого устройства (от 1 до 247), 0 зарезервирован для широковещательного адреса.

Function Code: 8 битное значение, определяющее какое действие должно выполнить адресуемое устройство.

Start Address (Hi): Старший байт шестнадцатиразрядного адреса запрашиваемых данных.

Start Address (Lo): Младший байт шестнадцатиразрядного адреса запрашиваемых данных.

Number of Points (Hi): Старший байт шестнадцатиразрядного номера запрашиваемого регистра.

Number of Points (Lo): Младший байт шестнадцатиразрядного номера запрашиваемого регистра.

Error Check (Lo): Младшие восемь бит шестнадцатиразрядной контрольной суммы.

Error Check (Hi): Старшие восемь бит шестнадцатиразрядной контрольной суммы.

Ответ содержит поля подтверждающее выполненное действие, возвращаемые данные, контрольную сумму. При возникновении ошибок в принятом сообщении или в случае, когда подчиненное устройство не может выполнить запрашиваемое действие, то подчиненное устройство формирует и отправляет сообщение об ошибке в качестве ответа.

Ответ:

Slave Address	Function Code	Byte Count	Data (Hi)	Data (Lo)	Error Check (Lo)	Error Check (Hi)
---------------	---------------	------------	-----------	-----------	------------------	------------------

Slave Address: 8 битное значение представляющее адрес отвечающего устройства.

Function Code: 8 битное значение представляющее значение кода на который отвечает подчиненное устройство.

Byte Count: 8 битное значение представляющее количество байт данных передаваемых в ответе.

Data (Hi): Старшие 8 бит шестнадцатиразрядного номера представляющего номер регистра запрошенного в запросе.

Data (Lo): Младшие 8 бит шестнадцатиразрядного номера представляющего номер регистра запрошенного в запросе.

Error Check (Lo): Младшие восемь бит шестнадцатиразрядной контрольной суммы.

Error Check (Hi): Старшие восемь бит шестнадцатиразрядной контрольной суммы.

Два режима последовательной передачи

Есть две режима последовательной передачи данных в протоколе MODBUS, ASCII и RTU.

Режим ASCII

В режиме ASCII (American Standard Code for Information Interchange), каждый 8 битный байт сообщения передается как два символа ASCII. Основные преимущества такого режима – паузы до одной секунды между передаваемыми символами без возникновения ошибки, и возможность контроля сообщения на простом ASCII терминале.

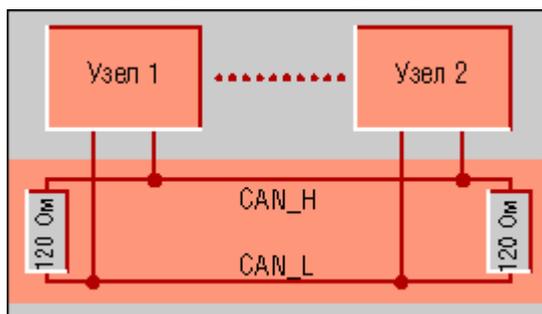
Формат передаваемых данных в ASCII режиме: Система кодирования – шестнадцатеричная; ASCII символы - 0-9, A-F. Один шестнадцатеричный символ передается одним ASCII символом. Каждые 8 передаваемых бит передаются двумя ASCII символами (каждый из которых состоит из 7 информационных бит, стартового, стопового, контрольного бита).

Режим RTU

В режиме RTU (Remote Terminal Unit), каждые 8 бит байта сообщения содержат два 4-х битных шестнадцатеричных символа. Основное преимущество этого режима в большей плотности передаваемых данных, что обеспечивает большую производительность по сравнению с режимом ASCII для той же скорости передачи, однако каждое сообщение должно передаваться в сплошном потоке данных. Формат каждого байта в режиме RTU: Система кодирования: 8-битная двоичная, шестнадцатеричные символы 0-9, A-F. Два шестнадцатеричных символа передаются в каждом байте сообщения. (1 стартовый бит, 8 бит данных, младшим битом вперед, 1 контрольный бит, и 1 стоповый бит (2 стоповых бита если контрольный бит не используется)).

CAN

Внедрение микропроцессоров и микропроцессорных контроллеров в самое



различное оборудование потребовало наличия сетей, объединяющих многообразные электронные управляющие устройства. Рассмотрим в качестве примера такой сети шину (и соответствующий ей протокол) CAN (**C**ontroller **A**rea **N**etwork).

Она была предложена Робертом Бошем (Robert Bosch) в 80-х годах для автомобильной промышленности, затем стандартизована ISO (ISO 11898 - этот стандарт объединяет физический уровень (Physical Layer) и уровень канала данных (Data Link Layer) в соответствии с 7-ми уровневой OSI моделью) и SAE (Society of Automotive Engineers). Сегодня большинство европейских автомобильных гигантов (например, Audi, BMW, Renault, Saab, Volvo, Volkswagen) используют CAN в системах управления двигателем, безопасности и обеспечения комфорта.

В Европе в ближайшие годы будет введен единый интерфейс для систем компьютерной диагностики автомобиля. Однако сети CAN используются и в таких сложных установках, как современные оптические телескопы с большим диаметром зеркала. Так как такие зеркала невозможно сделать монолитными, их сейчас делают составными, а управление отдельными зеркальцами (их может быть больше сотни) осуществляется сетью микроконтроллеров. Другие сферы применения — корабельные бортовые сети, управление системами кондиционирования воздуха, лифтами, медицинскими и промышленными установками. В мире уже установлено более 100 млн. узлов сетей CAN, ежегодный прирост составляет более 50%. CAN протокол получил всемирное признание как очень универсальная, эффективная, надежная и экономически приемлемая платформа для почти любого типа связи данных в передвижных системах, машинах, техническом оборудовании и индустриальной автоматизации. Основанная на базе протоколов высокого уровня CAN-технология успешно конкурирует на рынке распределенных систем автоматизации.

CAN - это последовательный протокол связи с эффективной поддержкой распределения контроля в реальном времени и очень высоким уровнем безопасности. Основное назначение: организация передачи информации в сложных условиях, таких как среды с высоким уровнем различного рода помех. Этот протокол передачи применяется в автомобильной электронике, машинных устройствах управления, датчиках при передаче информации со скоростями до 1 Мбит/сек.

Характеристики шины CAN

- Топология: последовательная шина, с обоих концов линии стоят заглушки (120 Ом)
- Обнаружение ошибок: 15-битовый CRC-код
- Локализация ошибок: различают ситуации с постоянной ошибкой и временной; устройства с постоянной ошибкой отключаются
- Текущая версия: CAN 2.0B
- Скорость передачи: 1 Мбит/с
- Длина шины: до 30 м
- Количество устройств на шине: ~ 64 (теоретически неограниченно)

CAN представляет собой асинхронную последовательную шину, использующую в качестве среды передачи витую пару проводов. При скорости передачи 1 Мбит/с длина шины может достигать 30 м. При меньших скоростях ее можно увеличить до километра. Если требуется большая длина, то ставятся мосты или повторители. Теоретически число подсоединяемых к шине устройств не ограничено, практически — до 64-х. Шина мультимастерная, т. е. сразу несколько устройств могут управлять ею.

На рынке CAN присутствует в двух версиях: версия А задает 11-битную идентификацию сообщений (т. е. в системе может быть 2048 сообщений), версия В — 29-битную (536 млн. сообщений). Отметим, что версия **В**, часто именуемая **FullCAN**, все больше вытесняет версию **А**, которую называют также **BasicCAN**.

Скорость передачи задается программно и может быть до 1 Мбит/с. Пользователь выбирает скорость, исходя из расстояний, числа абонентов и емкости линий передачи.

Расстояние, м	25	50	100	250	500	1000	2500	5000
Скорость, Кбит/с	1000	800	500	250	125	50	20	10

Максимальное число абонентов, подключенных к данному интерфейсу, фактически определяется нагрузочной способностью примененных приемопередатчиков. Например, при использовании трансивера фирмы PHILIPS PCA82C250 она равна 110.

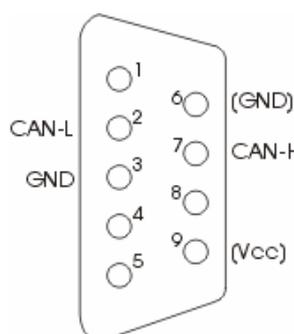
Протокол CAN использует оригинальную систему адресации сообщений. Каждое сообщение снабжается идентификатором, который определяет назначение передаваемых данных, но не адрес приемника. Любой приемник может реагировать как на один идентификатор, так и на несколько. На один идентификатор могут реагировать несколько приемников.

Протокол CAN обладает развитой системой обнаружения и сигнализации ошибок. Для этих целей используется поразрядный контроль, прямое заполнение битового потока, проверка пакета сообщения CRC-полиномом, контроль формы пакета сообщений, подтверждение правильного приема пакета данных. Хемминговский интервал $d=6$. Общая вероятность необнаруженной ошибки 4.7×10^{-11} .

Система арбитража протокола CAN исключает потерю информации и времени при "столкновениях" на шине.

Интерфейс с применением протокола CAN легко адаптируется к физической среде передачи информации. Это может быть дифференциальный сигнал, оптоволокно, просто открытый коллектор и т.п. Несложно делается гальваническая развязка.

Элементная база, поддерживающая CAN, широко выпускается в промышленном исполнении. Цоколевка разъема приведена на рисунке.



Сеть CAN состоит из узлов с собственными тактовыми генераторами. Любой узел сети CAN посылает сообщение всем системам, подсоединенным к шине, таким, как приборная доска или подсистема определения температуры бензина в автомобиле, а уж получатели решают, относится ли данное сообщение к ним. Для этого в CAN имеется аппаратная реализация фильтрации сообщений.

Протокол CAN можно разделить на следующие уровни:

- объектный уровень
- канальный уровень

- физический уровень
Область объектного уровня включает:
- Поиск сообщений для передачи.
- Фильтрация сообщений, полученных от канального уровня
- Обеспечение связи между прикладным уровнем и аппаратными средствами.

Область канального уровня главным образом - протокол передачи, т.е. управление кадрами, выполнение арбитража, проверка и сигнализация ошибок, типизация ошибок. Внутри канального уровня решается, является ли шина свободной для начала новой передачи. Все что находится внутри канального уровня, не имеет ни какой свободы к модификации.

Область физического уровня - фактическая передача бит между различными узлами. Внутри одной сети физический уровень должен быть одинаков для всех узлов. Физический уровень можно реализовать различными способами.

Основные характеристики протокола

- каждое сообщение имеет определенный приоритет
- существуют гарантированные времена ожидания
- гибкость конфигурации
- групповой приём с временной синхронизацией
- система непротиворечивости данных
- multimaster
- обнаружение и сигнализация ошибок
- автоматическая ретрансляция разрушенных сообщений
- различие между временными ошибками и постоянными отказами узлов и автономное отключение дефектных узлов

Сообщения. Информация по шине посылается в фиксированном формате сообщений различной, но фиксированной длины. Когда шина свободна, любой узел может начать передачу нового сообщения.

Информационная маршрутизация В CAN нет ни какой информации относительно конфигурации сети (например, адреса узла). Это имеет несколько важных следствий:

Гибкость системы: Узел может быть добавлен в CAN - сеть, без каких либо изменений в программном или аппаратном обеспечении, какого - либо узла в сети.

Маршрутизация сообщений: Содержание сообщения определяется идентификатором. Идентификатор не указывает адреса сообщения, а описывает значение данных так, чтобы все узлы сети были способны решить фильтрацией сообщений, нужны им эти данные или нет.

Передача группе: Как следует из фильтрации сообщений, любое число узлов может одновременно получать и реагировать на одно и тоже сообщение.

Непротиворечивость данных: Внутри сети CAN гарантировано, что сообщение принято всеми узлами или ни одним узлом.

Скорость передачи информации Скорость передачи информации в CAN - сети может быть различной для каждой сети. Однако в каждой конкретной сети скорость передачи информации фиксирована.

Удаленный запрос данных Посылая кадр удаленного запроса данных, узел может потребовать данные от другого узла. Кадр данных и кадр удаленного запроса данных должны иметь одинаковый идентификатор.

Multimaster Когда шина свободна, любой узел может начать передачу сообщения. Доступ к шине получает узел, передающий кадр с наивысшим приоритетом.

Арбитраж Когда шина свободна, любой узел может начать передачу сообщения. Если два или больше узла начинают передавать сообщения в одно и тоже время, конфликт при доступе к шине будет решен поразрядным арбитражем используя идентификатор и RTR - бит. Механизм арбитража гарантирует, что ни время, ни информация не будут потеряны. Если кадр данных и кадр удаленного запроса данных начинают передаваться в одно время, то кадр данных имеет более высокий приоритет, чем кадр удаленного запроса данных. В течение арбитража каждый передатчик сравнивает уровень переданного бита с уровнем, считываемым с шины. Если эти уровни одинаковы, узел может продолжать посылать данные дальше. Если был послан уровень лог. '1' (recessive), а с шины считан уровень лог. '0' (dominant), то узел теряет право дальнейшей передачи данных и должен прекратить посылку данных на шину.

Обнаружение ошибок Для обнаружения ошибок приняты следующие меры:

- текущий контроль (передатчики сравнивают уровни битов, которые переданы, с уровнями на шине).
- побитовое заполнение
- проверка кадра сообщения

Эффективность обнаружения ошибок Механизмы обнаружения ошибок имеют следующие возможности:

- обнаружение всех глобальных ошибок
- обнаружение всех локальных ошибок передатчиков
- обнаружение до 5 случайно распределённых ошибок в сообщении
- обнаружение последовательной группы ошибок длиной до 15
- обнаружение любого числа нечетных ошибок в сообщении

Сигнализация ошибки и время восстановления Разрушенные сообщения помечаются узлом, обнаружившим ошибку. Такие сообщения прерываются и будут переданы снова. Время восстановления от обнаружения ошибки до начала следующего сообщения в большинстве случаев = $29 * \text{время передачи одного бита}$, если не имеется никаких дальнейших ошибок.

Типизация ошибок Узлы CAN способны отличить временные ошибки от постоянных отказов. Дефектные узлы будут отключены.

Соединения Линия связи по протоколу CAN - это шина, к которой может быть подключён ряд узлов. Количество узлов не имеет никакого теоретического предела. Фактически количество узлов будет ограничено временами задержек и/или электрической нагрузкой на линии шины. Способ, которым выполнена шина, не установлен в данной спецификации. Например, это может быть одиночный провод (+земля), два дифференциальных провода, оптическое стекловолокно.

Подтверждение Все приёмники проверяют непротиворечивость принимаемого сообщения и подтверждают непротиворечивое сообщение.

Режим "сна" / пробуждения Чтобы уменьшить потребляемую мощность системы, узел CAN может быть переведен в режим "сна". Режим "сна" заканчивается при любом

действии на шине или внутреннем состоянии системы. При пробуждении запускается внутренняя синхронизация, канальный уровень ждёт стабилизации генератора системы, а затем будет ожидать самосинхронизации к действиям на шине (синхронизация к действиям на шине заканчивается после принятия последовательности 11 битов с лог. "1"). Для пробуждения узла из режима покоя может использоваться некоторое сообщение пробуждения со специальным идентификатором.

Интерфейс LIN (Local Interconnection Network)

Протоколы CAN и LIN: особенности и различия

В современном автомобиле электроника выполняет бесчисленное множество функций. Все их можно условно разделить на две части: первое — это обеспечение надежного функционирования основных узлов автомобиля (например, электронное управление двигателем) и обеспечение безопасности (АБС, подушки безопасности и т. д.). Ко второй половине можно отнести различные электронные системы управления, служащие для обеспечения комфорта пассажиров и даже для их развлечения. В первом случае нужен высоконадежный, достаточно скоростной канал связи, во втором — простой и дешевый. Кроме того, оба эти протокола должны быть стандартными, что упростит производителям различной автомобильной электроники делать унифицированные модули, пригодные для использования в различных автомобилях разных производителей. В качестве первого де-факто выступает скоростной промышленный высоконадежный протокол CAN. Он спроектирован таким образом, чтобы обеспечить надежную передачу данных от одного узла другому при любых обстоятельствах. В качестве второго до недавнего времени никаких стандартов не было, и каждый производитель был вынужден придумывать свои собственные системы. И вот совсем недавно в таком качестве утвержден стандарт LIN.

Технические требования протокола **LIN (Local Interconnection Network)** разработаны консорциумом европейских автопроизводителей и других известных компаний, включая Audi AG, BMW AG, Daimler Chrysler AG, Motorola Inc., Volcano Communications Technologies AB, Volkswagen AG, и VolvoCar Corporation. Протокол LIN предназначен для создания дешевых локальных сетей для обмена данными на коротких расстояниях. Он служит для передачи входных воздействий, состояний переключателей на панелях управления и т. д., а также ответных действий различных устройств, соединенных в одну систему через LIN, происходящих в так называемом «человеческом» временном диапазоне (порядка сотен миллисекунд). Основные задачи, возлагаемые на LIN консорциумом европейских автомобильных производителей, — объединение различных автомобильных подсистем и узлов (таких как дверные замки, стеклоочистители, стеклоподъемники, управление магнитолой и климатконтролем, электролюк и т. д.) в единую электронную систему.

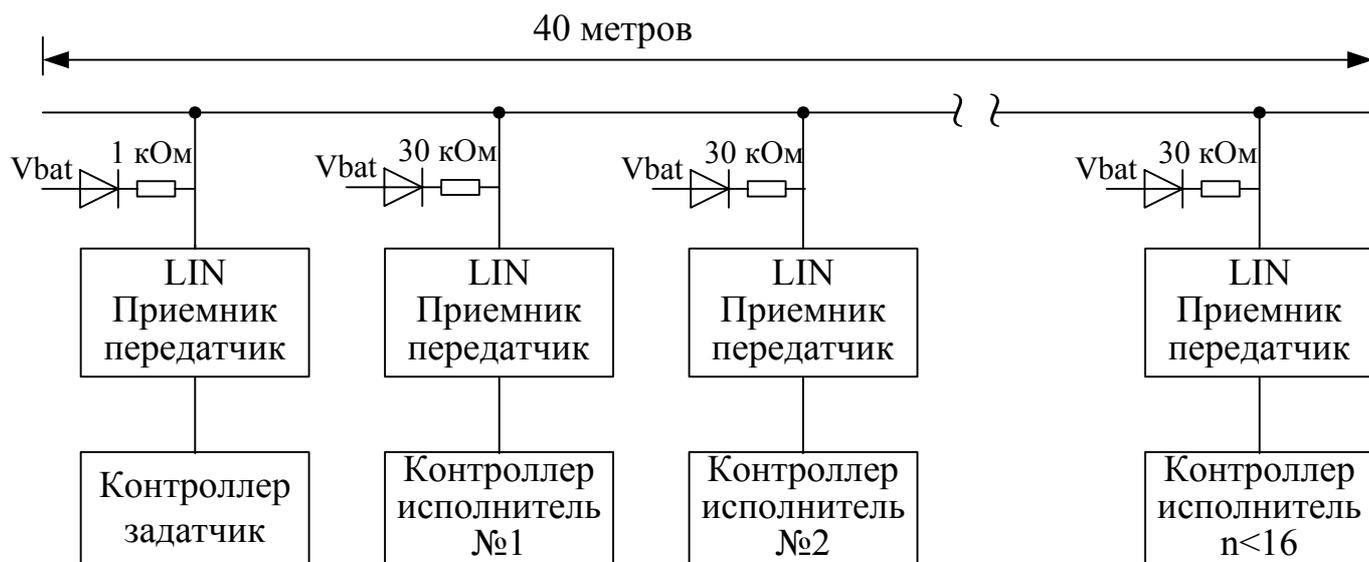
LIN протокол утвержден Европейским Автомобильным Консорциумом как дешевое дополнение к сверхнадежному протоколу CAN. LIN и CAN дополняют друг друга и позволяют объединить все электронные автомобильные приборы в единую многофункциональную бортовую сеть. Причем область применения CAN — участки, где требуется сверхнадежность, скорость, область же применения — LIN-объединение

дешевых узлов, работающих с малыми скоростями передачи информации на коротких дистанциях, сохраняя при этом универсальность, многофункциональность, а также простоту разработки и отладки. Стандарт LIN включает технические требования на протокол передачи, а также на среду передачи данных. Как последовательный протокол связи LIN эффективно поддерживает управление электронными узлами в автомобильных системах с шиной класса «А» (двунаправленный полудуплексный), что подразумевает наличие в системе одного главного (Master) и нескольких подчиненных (slave) узлов.

LIN — характеристики и организация

Протокол LIN поддерживает двунаправленную передачу данных по одному проводу длиной до 40 метров, используя недорогой микроконтроллер с генератором на RC-цепочке, без использования кварцевого резонатора. Основная идеология — как можно больше задач переложить на программное обеспечение с целью уменьшения стоимости конструкции. Контроллеры автоматически проводят самосинхронизацию при каждой посылке данных. В основу LIN положена концепция «single master/multi slave», дешевое исполнение, основанное на обычных последовательных интерфейсах UART/SCI, как программная, так и аппаратная возможность реализации, самосинхронизирующаяся система, работающая от RC генератора и не требующая кварцевого резонатора для Slave устройств, гарантированное время ожидания для передаваемого сигнала. Дешевое однопроводное исполнение и скорость до 20 кбит/сек. Возможен перевод шины в режим микропотребления «SLEEP», когда шина выключается с целью уменьшения потребляемого тока, но любой узел на шине при необходимости может включить ее вновь. Основное отличие протокола LIN от шины CAN заключается в том, что концепция LIN — это система связи с очень низкой стоимостью за счет снижения эффективности. Технические требования линейного приемопередатчика удовлетворяют стандартам ISO 9141.

Структура шины представляет собой нечто среднее между I2C. и RS-232. Шина



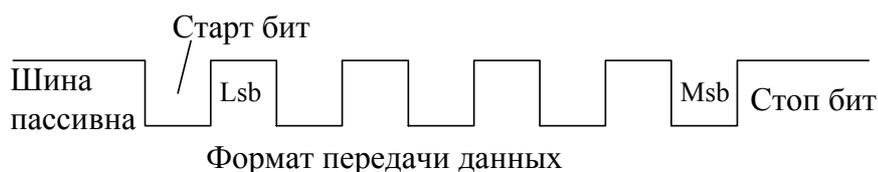
Конфигурация LIN

подтягивается вверх к источнику питания через резистор в каждом узле и вниз через открытый коллекторный переход приемопередатчика, как в I2C. Но вместо

стробирующей линии, каждый передаваемый байт обрамляется стартовым и стоповым битами и передается асинхронно, как в RS-232.

На рисунке показана типовая конфигурация шины LIN. Для обмена данными используется один сигнальный провод, в каждом узле подтянутый к источнику питания через резистор. В качестве выходного каскада используется транзистор с открытым коллектором. Активным состоянием является низкий уровень на шине данных, в это состояние ее может перевести любой узел, послав в шину низкий уровень. В пассивном состоянии на шине напряжение питания V_{bat} (9...18 В), означая, что все узлы на шине в неактивном состоянии. Рабочее напряжение питания находится в пределах 9...18 В, но все узлы должны выдерживать перегрузки и сохранять работоспособность при увеличении напряжения на шине вплоть до 40 В. Обычно микроконтроллер в каждом узле подключен к шине через приемопередатчик, который и обеспечивает защиту от перегрузок. Это позволяет использовать обычный микроконтроллер с напряжением питания 5 В, в то время как сама шина работает на больших напряжениях. Шина в каждом узле подтягивается к напряжению питания (V_{bat}). Для устройства задатчика (master) значение терминального резистора составляет 1 кОм, для устройств исполнителей (slave) — 20...47 кОм. Максимальная длина шины составляет 40 метров.

Каждый передаваемый байт обрамлен стартовым и стоповым битами, как



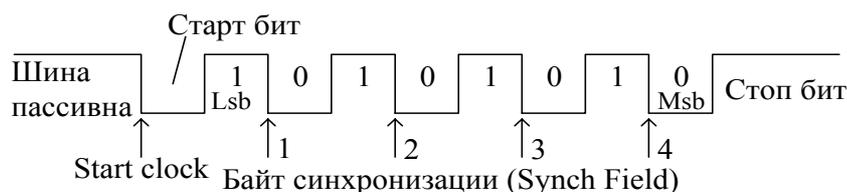
показано на рис. Передача начинается с младшего бита. Стартовый бит равен нулю, а стоповый — пассивному состоянию шины (единице).

Все управление шиной осуществляет задатчик (master). Он посылает в шину запрос с адресом интересующего его исполнителя, а затем осуществляет с ним обмен данными. Исполнители (slave) лишь передают или принимают данные по запросу задатчика. Передача сообщения (смотри рис.) начинается задатчиком с посылки сигнала «Synch Break», которое представляет собой 13 последовательно идущих нулей и сообщает всем исполнителям, что начался цикл обмена; затем идет поле синхронизации (Synch Field) и поле идентификации (Ident Field).



Поле синхронизации передается задатчиком в начале каждого сообщения, и все исполнители должны принять это сообщение и подстроить частоту своего собственного приемопередатчика. Второй байт каждой посылки — поле идентификации (адреса), в котором сообщается, с каким исполнителем начинается обмен данными в этой посылке, и сколько байт будет содержаться в ответе исполнителя. Только этот исполнитель имеет право передать данные задатчику. Но как только этот ответ появляется на шине, любой другой исполнитель также может принять эти данные. Таким образом, для того чтобы передать данные от одного исполнителя другому, совершенно необязательно пересылать их непосредственно через задатчика.

Протокол LIN подразумевает использование RC-цепочки в качестве задающего генератора микроконтроллеров исполнителей. Поэтому каждое сообщение содержит



поле синхронизации и каждый исполнитель обязан подстроить по этому полю частоту своего приемопередатчика. Для того, чтобы определить время

передачи одного бита, необходимо засечь время четырех периодов стартовой посылки, разделить на 8 и округлить (смотри рис.).

В идентификационном поле сообщается информация о том, что же, собственно, последует дальше. Поле идентификации разделено на три части: четыре бита (0–3) содержат адрес исполнителя, с которым будет производиться обмен информации, два бита (4–5) указывают количество передаваемых байт и последние два бита (6–7)

используются для контроля четности. Четыре бита адреса могут выбирать одного из 16-ти исполнителей, каждый исполнитель может отвечать 2-мя, 4-мя, или 8-ю байтами, таким образом, получаем 64

P1	P0	ID5	ID4	ID3	ID2	ID1	ID0
----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

ID0-ID3 - Адрес устройства

ID4-ID5 - Длина посылки

P0, P1 - Биты четности

ID5	ID4	Data byte
0	0	2
0	1	2
1	0	4
1	1	8

Поле идентификации

типа различных сообщений на шине. Спецификация LIN не устанавливает каких либо жестких рамок на передаваемую информацию (за исключением команды «Sleep»), оставляя свободу творчества для программистов.

Задатчик может послать команду всем исполнителям перейти в микромощный режим («Sleep»), выставив в поле идентификации байт 0x80. Исполнители, приняв его, освобождают шину и переходят в «спящий» режим с выходом из него по изменению состояния на шине. Любой исполнитель может активизировать шину, передав байт 0x80. После этого все узлы ожидают дальнейших опросов задатчика в обычном режиме.

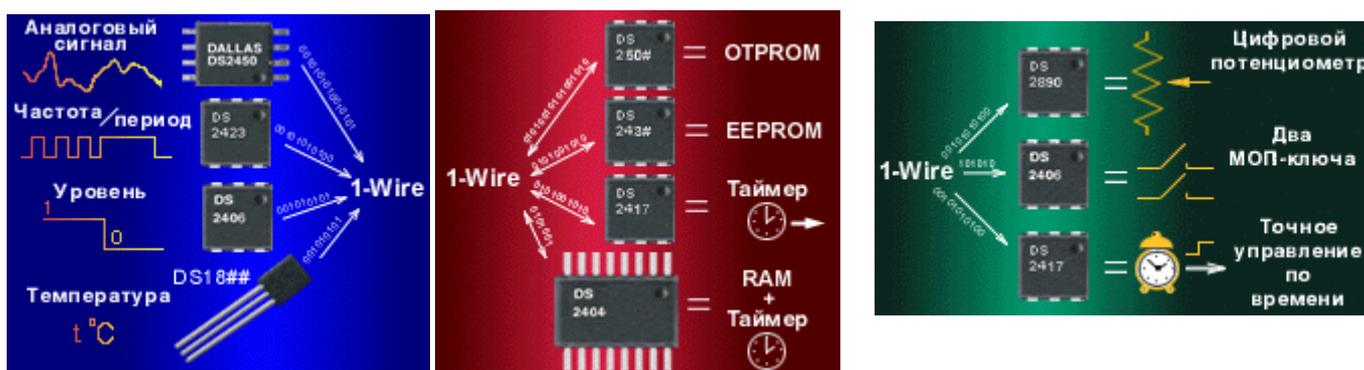
Шина MicroLAN

Эта шина была разработана компанией Dallas Semiconductor в конце 90-х годов. Основная идея была в том, что бы при помощи одной двухпроводной линии соединить между собой любое количество самостоятельных электронных устройств. Причем все эти устройства должны питаться от этой самой линии, управляться через нее и сами передавать через нее информацию. Несмотря на всю фантастичность выдвинутых условий, такая шина была разработана и получила название MicroLAN (1 Wire).
Дополнительные достоинства стандарта MicroLAN:

- Способность работать в условиях повышенного уровня помех и плохого контакта.
- Возможность автоматического определения вновь подключенных устройств сети и обнаружения факта отключения ранее подключенных
- Возможность практически неограниченного расширения сети MicroLAN при условии использования специальных устройств (MicroLAN HUB-ов)
- Очень невысокие требования к самой двухпроводной линии. Это может быть простая пара свитых между собой обычных проводников, или обыкновенный телефонный кабель.

К недостаткам этого стандарта можно отнести невысокое быстродействие. Однако область применения шины MicroLAN - это автоматика и телеизмерения. Например, идеальное применение описываемой технологии - это система мониторинга и регулирования температуры в различных помещениях квартиры. Размещаешь в каждой комнате и на улице датчики температуры, работающие по шине MicroLAN. Соединяешь их всех одной двухпроводной шиной и подключаешь эту шину к управляющему компьютеру. Написав специальную программу, можно на экране компьютера всегда видеть температуру в любой комнате. С того же компьютера можно управлять обогревателями и таким образом поддерживать нужную температуру в каждой комнате. Причем управлять нагревателями можно все по той же самой шине MicroLAN. Низкое быстродействие в таких системах вполне допустимо.

Любая шина MicroLAN обычно построена следующим образом: управляющее (ведущее)



устройство и множество ведомых (управляемых). Ведомые устройства - это датчики температуры, АЦП, управляемые ключи, устройства памяти и многое другое. Все они работают только по командам из ведущего устройства. Ведущим устройством может быть персональный компьютер или специализированный микропроцессорный контроллер.

Фирмой Dallas Semiconductor разработан огромный спектр различных устройств, работающих с шиной MicroLAN.

На приведенных рисунках вы видите основные виды таких устройств.

Для подключения шины к компьютеру или микропроцессорной системе управления разработано несколько микросхем - контроллеров шины. Однако особой ценностью стандарта MicroLAN является то, что для работы с шиной можно обойтись и гораздо более скромными средствами. Шина разработана таким образом, что можно обойтись вообще без контроллера. Достаточно подключить шину к любому информационному выводу любого микроконтроллера, и при помощи специальной подпрограммы мы уже можем работать с шиной. Точно так же можно подключать шину к некоторым выводам COM или LPT портов компьютера. Специальная утилита позволит работать с шиной без контроллера. Это дает огромные возможности для быстрого создания больших автоматизированных систем управления.

Сетевой интерфейс MicroLAN

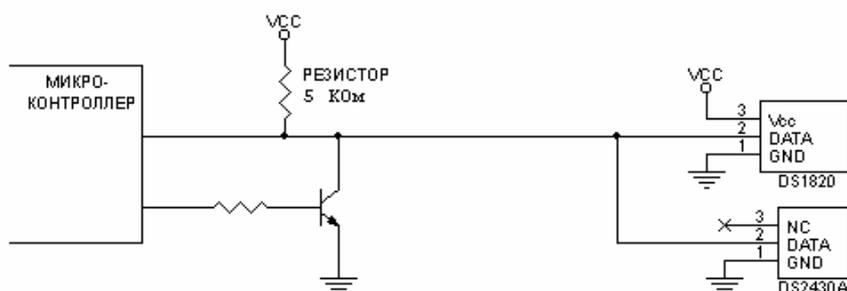
Концепция - Сеть MicroLAN использует архитектуру с *одним ведущим* шины и *многочисленными ведомыми*. Однако, используя специальные методы исключения конфликтов на шине, возможна работа с несколькими ведущими.

Архитектура Сеть MicroLAN не ограничена заранее определенной структурой. В небольших конфигурациях она представляет из себя шинную структуру, с подключением всех приборов на одну общую магистраль. При более сложной конфигурации структура сети может видоизмениться в древовидную. Отдельные ветви могут отходить от общей магистрали, в свою очередь они могут ветвиться далее и далее. Все ветви могут подключаться к сети или отключаться от нее с помощью адресуемых ключей. Ветвление любого уровня может динамически изменяться в работающей сети.

Интерфейс Сеть MicroLAN основывается на использовании дешевого, легко доступного телефонного кабеля с витыми парами. Для прокладки сети не требуется никакого специального оборудования. Для удобства выпускается специальный ассортимент кабелей, соединителей, интерфейсных карт, предназначенных для быстрой установки и работы в составе сети MicroLAN.

MicroLAN использует стандартные КМОП/ТТЛ логические уровни. Напряжение ниже 0.8 В соответствует логическому НИЗКОМУ уровню, а напряжение выше 2.2 В является ВЫСОКИМ логическим уровнем. Сеть использует рабочее

Схема подключения ведущего микроконтроллера к ведомым



напряжение питания 2.8 ... 6.0 В. Приборы MicroLAN могут использовать режим питания от линии связи.

Скорость передачи данных по сети была оптимизирована для условий работы на больших расстояниях, простоты интерфейса и использования

дешевых и широко распространенных компонентов. Скорость передачи данных 16300 bps достаточна для того, чтобы обеспечить адресацию узла и начать передачу данных за время менее 7 мс. Скорость передачи данных по сети может быть уменьшена до любой

необходимой величины путем введения задержки между передачей отдельных битов данных.

Протокол работы MicroLAN специально предназначен для упрощения электрического интерфейса и наиболее широкой поддержки существующим коммуникационным оборудованием. Любой промышленный контроллер, такой как MCS 8051, работающий на тактовой частоте более 1.8 МГц, а также любой последовательный порт RS232, может легко поддерживать протокол обмена MicroLAN.

Адресация С адресным пространством 2e56 сеть MicroLAN перекрывает все существующие сетевые стандарты. Благодаря встроенному сетевому контроллеру, все приборы MicroLAN пригодны для использования в сети с момента своего выпуска. При производстве *гарантируется уникальность сетевого адреса для каждого выпускаемого прибора*. В сети MicroLAN не существует опасности конфликта сетевых адресов и недостаточности адресного пространства.

Условный поиск Стандарт MicroLAN обеспечивает выполнение команды поиска, предназначенной для обнаружения используемых в сети адресов со скоростью 75 узлов сети в секунду. Для исключения приборов не генерирующих немедленный ответ во время процесса поиска используется команда *Условного поиска*. Эта специальная команда используется для идентификации и адресации приборов сигнализирующих о выполнении определенного условия, таких как таймеры/счетчики (DS1994), сигнализаторы температуры (DS1820, DS1920) и датчики состояния (DS2405).

1-ПРОВОДНОЙ ИНТЕРФЕЙС MicroLAN

Общие свойства Сеть MicroLAN основывается на использовании интерфейса 1-проводной шины, который впервые был применен для обслуживания Touch Memory, микросхемы расположенной внутри корпуса из нержавеющей стали. Электрический интерфейс был сведен к абсолютному минимуму, то есть к одной линии данных и общему проводу. *Параллельное подключение к проводнику нескольких микросхем с интерфейсом MicroLAN и присоединение этого проводника к компьютеру и образует сеть MicroLAN.*

Все приборы 1-проводной шины - самотактируемые кремниевые устройства. Логика обработки временных интервалов основывается на измерении и генерировании цифровых импульсов различной длительности. Передача данных асинхронная и полудуплексная. Данные могут интерпретироваться как команды (в соответствии с заранее определенным форматом) которые сравниваются с информацией, уже сохраненной в приборе, для принятия решения, или могут быть просто сохранены для последующего использования. Все устройства в сети считаются ведомыми, в то время как управляющий сетью компьютер считается ведущим. Это позволяет избежать конфликтов, связанных с работой на общей шине нескольких ведущих. Кроме того построение выходного устройства всех микросхем на основе полевого транзистора с открытым стоком, совместно с используемым алгоритмом работы приборов позволяют разрешить все конфликты, связанные с одновременной работой на шине нескольких ведомых устройств.

Параметры по постоянному току Приборы MicroLAN используют конфигурацию с открытым стоком при значении напряжения питания от 2.8 В (минимальное напряжение питания) до 6 В (максимальное напряжение питания). Любое напряжение, превышающее 2.2 В, рассматривается как логическая 1 или ВЫСОКИЙ

уровень, а напряжение ниже 0.8 В считается логическим 0 или НИЗКИМ уровнем. Напряжение питания должно составлять минимум 2.8 В для того, чтобы зарядить внутренний конденсатор, обеспечивающий питание прибора при НИЗКОМ уровне напряжения шины. Номинал конденсатора питания составляет приблизительно 800 пФ. Эта емкость заряжается на протяжении короткого промежутка времени, когда подается питание MicroLAN. После этого требуется только небольшая подзарядка конденсатора для восстановления полного заряда.

ЛОГИКА РАБОТЫ СЕТИ MicroLAN

Все приборы, предназначенные для работы на шине MicroLAN, содержат встроенный сетевой контроллер, позволяющий многочисленным приборам работать в составе общей сети. Это позволяет построить распределенную систему сбора и хранения информации, использующую только одну общую линию данных к ведущему шине.

Любая сеть всегда требует наличия идентификационных номеров всех узлов в пределах сети. Все микросхемы MicroLAN содержат область ПЗУ в которой записан уникальный для каждой микросхемы регистрационный номер, который удобно использовать в качестве идентификатора узла. Пользователю не нужно волноваться относительно возможности конфликта идентификаторов узлов, так как производителем гарантируется невозможность выпуска двух микросхем с одинаковым серийным номером. Кроме того построение выходного устройства микросхем на основе транзистора с открытым стоком позволяет избежать потенциальных проблем, если происходит какой-либо конфликт на шине. Фактически, 1-проводной интерфейс действительно является 1-проводной сетью MicroLAN со всем необходимым для работы в сети с одним ведущим и многочисленными ведомыми.

Рассмотрим теперь логику работы приборов на шине MicroLAN. Протокол работы приборов MicroLAN представляет из себя многоуровневую структуру, каждый из уровней которой предназначен для выполнения определенных функций. Рассмотрим первые четыре уровня этой структуры, определяющие работу приборов на шине MicroLAN. Оставшиеся уровни определяют структуру файловой системы микросхем памяти и конкретное применение микросхем в пользовательской системе и не будут рассматриваться в данной статье.

Физический уровень Этот уровень определяет электрические характеристики, логические уровни напряжений и общие временные параметры протокола обмена на шине MicroLAN

Уровень связи Этот уровень определяет основные функции связи на шине MicroLAN. Он обеспечивает функции Сброса, Обнаружения присутствия и передачи бита данных. После передачи *Импульса присутствия*, связь на шине MicroLAN переходит на Сетевой уровень.

Сетевой уровень Этот уровень обеспечивает идентификацию приборов MicroLAN и связанных с ними возможностей сети. Каждый прибор, предназначенный для работы в составе сети MicroLAN содержит страницу данных, необходимую для идентификации прибора, и называемую областью ПЗУ. В эту область при производстве микросхемы записывается с помощью лазерного луча уникальный для каждой микросхемы серийный номер. Занесение этого кода очень строго контролируется в

процессе производства, и фирма Dallas Semiconductor гарантирует уникальность серийного номера для каждой микросхемы. Поэтому именно значение серийного номера используется для идентификации прибора в составе сети и для управления доступом к отдельным приборам. Кроме серийного номера в область ПЗУ заносится групповой код, отражающий функциональное назначение микросхемы и контрольная сумма всех данных в области ПЗУ.

Из-за использования области ПЗУ для идентификации и адресации отдельных приборов в сети, все команды, которые относятся к сетевому уровню также названы командами ПЗУ. За исключением DS1990A, все приборы MicroLAN поддерживают все команды Сетевого уровня. DS1990A поддерживает только команды Чтение ПЗУ и Поиск ПЗУ. Команды Пропуск ПЗУ и Совпадение ПЗУ в этом приборе не поддерживаются, так как в нем не имеется больше никакой памяти, требующей доступа. При подаче этих команд на DS1990A, не будет предпринято никаких дальнейших действий на 1-проводной шине.

Для осуществления чтения ПЗУ предпочтительнее использовать команду *Поиск ПЗУ*, а не *Чтение ПЗУ*. Команда *Поиск ПЗУ* хорошо согласуется с работой на шине многочисленных приборов. После чтения ПЗУ, прежде чем продолжить связь, должна быть выполнена проверка контрольной суммы после отправки любой команды ПЗУ и передачи и приема требуемых данных происходит переход на Транспортный уровень. Если это не желательно, то *Импульсом Сброса* можно вернуть систему на Сетевой уровень.

Транспортный уровень Этот уровень ответственен за передачу данных между всеми областями памяти устройств MicroLAN (кроме области ПЗУ) и ведущим шиной, и за перемещение данных из области блокнотной памяти на окончательное место в памяти. Работа некоторых устройств на транспортном уровне отличается от остальных. Такими устройствами являются цифровые термометры DS1820, DS1920 и адресуемые ключи DS2405, DS2407, поскольку они не являются типичными устройствами памяти. Все микросхемы энергонезависимой памяти поддерживают выполнение команд *Чтение памяти* (*Чтение подклоча* в случае DS1991), *Запись блокнотной памяти*, *Чтение блокнотной памяти* и *Копирование блокнотной памяти*. Из-за специфической области применения DS1991 также поддерживает команды *Запись подклоча* и *Запись пароля*. DS1991 использует свои командные слова, способы адресации и размеры страниц памяти. По этой причине она не полностью совместима на транспортном уровне. Благодаря отличающейся технологии микросхемы памяти с однократным программированием также требуют другой структуры системы команд на транспортном уровне.

Последовательность выполнения команд на шине MicroLAN Любой цикл обмена данными на шине MicroLAN начинается с передачи ведущим шиной *Импульса Сброса*. Этот импульс вызывает также немедленное прекращение любого обмена, идущего на шине, и вывода всех микросхем на шине из состояния ожидания. Как было показано выше, отключение прибора от шины эквивалентно подаче *Импульса Сброса* неограниченной продолжительности. Последовательность действий прибора MicroLAN после подключения к шине полностью аналогична последовательности действий после получения *Импульса Сброса*.