

РАЗРАБОТКА ПРОТОКОЛА СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В ОПТИЧЕСКОМ КОЛЬЦЕ НА ОСНОВЕ UART

Матвеев Д. А.

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск

E-mail: dimitry88@mail.ru

Аннотация. В статье приводится способ организации, сетевого взаимодействия микроконтроллеров на основе периферийного модуля UART, и волоконно-оптической среды передачи данных, предлагается топология физического уровня, а также протокол канального уровня, анализируются преимущества и недостатки по сравнению с традиционными способами организации сетей на основе микроконтроллеров.

Ключевые понятия: микроконтроллер, волоконно-оптическая линия связи, оптический трансивер, модель OSI, модуль UART.

Постановка задачи

На сегодняшний день тенденции развития контрольно управляющей аппаратуры в большинстве случаев сводятся к применению программируемых элементов различной функциональной насыщенности и сложности. Как правило небольшие системы управления строятся вокруг единого управляющего ядра, которым является микроконтроллер или микропроцессор. В случае масштабных решений разработчики стоят перед выбором строить всю систему управления на базе одного высокопроизводительного ядра, которое обладает всей необходимой периферией и обширным пространством ввода – вывода или же, реализация распределенной системы. Все чаще, выбор делается в пользу распределенных систем, которые обладают некоторыми преимуществами по сравнению с централизованными, в частности, имеется возможность проводить поблочную отладку при пуско-наладочных работах, а также производить масштабирование. Однако, важным элементом в построении распределенных систем является организация среды передачи данных, а также принципов доступа к ней, что приводит к поиску существующих сетевых решений, или разработке собственных. Среди существующих наиболее широко известны CAN, ProfiBus, FiledBus, работающие на физическом уровне в соответствии со стандартом RS-485. Отличительными особенностями, которых является высокая надежность, насыщенная функциональность, возможность обнаружения и коррекции ошибок. Недостатками является использование в качестве физической среды медной витой пары, которая подвержена паразитным наводкам со стороны внешних электромагнитных полей, а так же не позволяет обеспечить должной гальванической изоляции, межблочных соединений.

Существуют протоколы физического уровня, которые в качестве среды передачи данных используют волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), например RS-232 fiber и, как правило, носят характер соединения точка-точка. В случае, когда требуется связать несколько модулей ВОЛС решение задачи на базе существующих сетевых решений становится затруднительным, требует или большого числа трансиверов, или сложного протокола обмена. Выходом из подобной ситуации, может являться разработка собственного решения организации сетевого взаимодействия управляющих контроллеров.

Метод решения

Пример решения проведем на базе системы управления вентильным блоком 3х фазного мостового выпрямителя. Система управления разбита на 6 однотипных модулей, отвечающих за угол регулирования подключенного вентиля, а также контроль его состояния (см. рисунок 1).

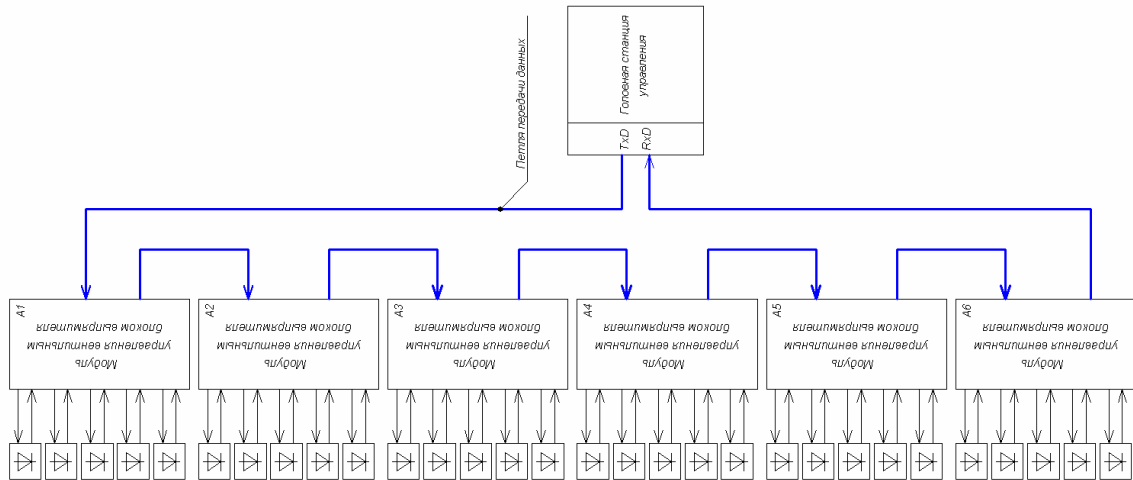


Рис. 1. – Распределенная система управления топология связи модулей

В качестве топологии сети выбрано однонаправленное кольцо, выбор обоснован применением модуля последовательного порта UART, а также необходимостью сокращения числа оптических трансиверов размещенных на плате модуля. Взаимодействие в сети осуществляется одним ведущим и множественными ведомыми. При этом инициирование начало обмена может осуществлять только ведущая станция петли, остальные модули являются ведомыми и не могут самостоятельно инициировать обмен, за исключением дейтаграмм об ошибках. Структурная схема соединения узлов представлена на рисунке 2.

Все соединения являются однонаправленными, поэтому передача данных осуществляется по цепочке от узла к узлу. Головная станция (HOST) осуществляет арбитраж, и передачу маркера выбранного устройства. При обнаружении устройством маркера адресованного ему, он разрывает связанность петли, остальные модули переходят в режим ожидания.

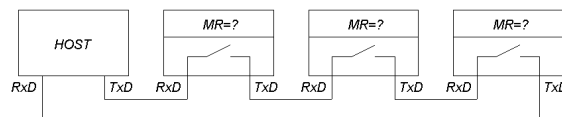


Рис. 2. – Схема соединения станций

Протокол взаимодействия узлов в сети описывает 2 нижних уровня модели OSI: физический, канальный. На физическом уровне обмен данными осуществляется по ВОЛС на основе 100(мкМ) пластикового оптоволокна. В качестве трансиверов используются трансиверы SFH756V, SFH551 выбор данных приборов обоснован наличием цанговых зажимов волокна, что позволяет отказаться от сложных и дорогостоящих оптических разъемов. Внутренняя структура ведомых узлов приведена на рисунке 3. Передача данных в кольцо осуществляется в последовательном коде 8 бит данных модулем UART с контролем по паритету. Микроконтроллер осуществляет управление связанностью по средством одного разряда порта ввода вывода общего назначения. Перевод режима связи реализуется посредством двух дополнительных буферов, которые производят физическую коммутацию канала передачи данных, осуществляя подключение передатчика UART каналу передачи данных, или поддержание связанности кольца. Пример (см. рисунок 4) схемотехнической реализации на ос-

нове микроконтроллера AT89C52 и микросхемы шинного формирователя 1533АП5 приведен ниже.

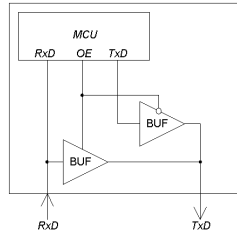


Рис. 3. – Внутренняя структура станции

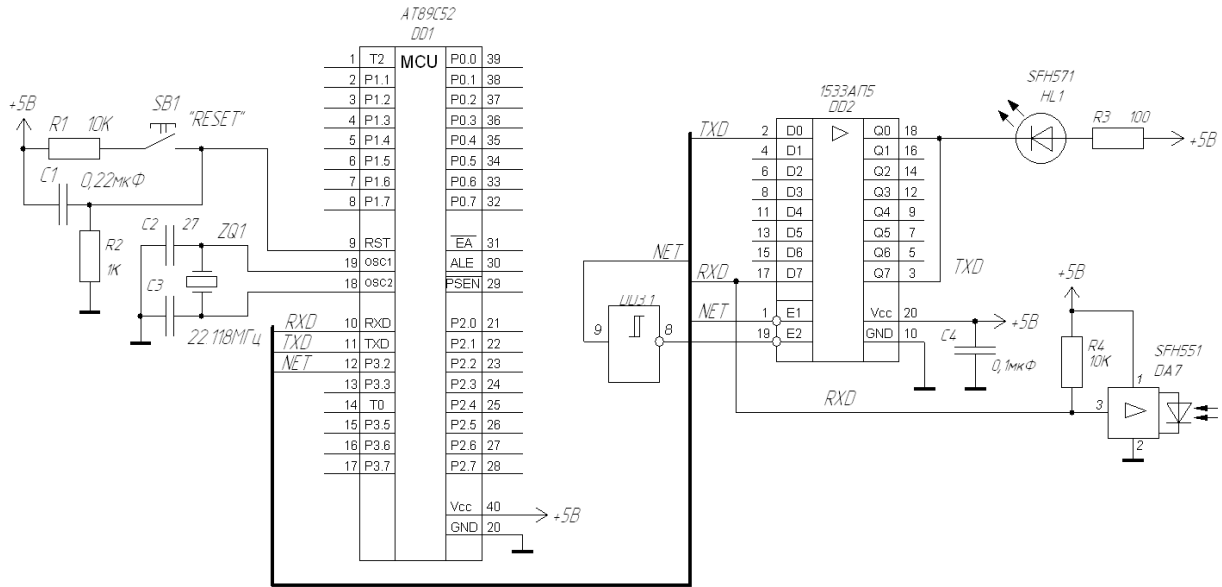


Рис. 4. – Аппаратная реализация ведомой станции

На канальном уровне описывается обмен данными или командами между станциями находящимися в кольце выполняется в соответствии со следующим протоколом: головная станция инициирует начало обмена, отправляя однобайтное сообщение-заголовок, состоящее из двух полей (рисунок 5). Первое поле H_MR – является маркером узла, с которой требуется произвести обмен данными, второе OP – является кодом операции, которое необходимо выполнить адресованному узлу.

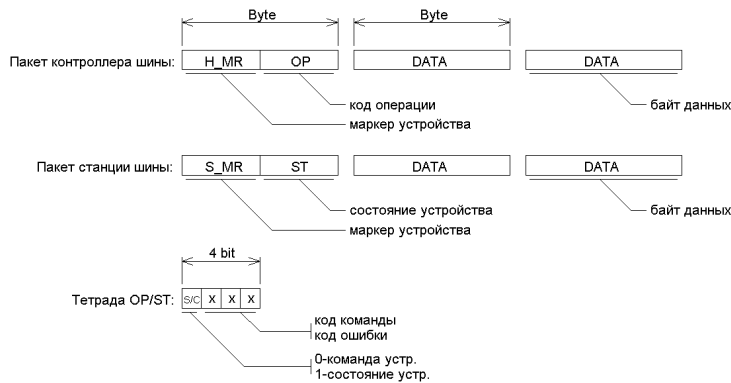


Рис. 5. – Формат протокола передачи данных/команд

H_MR - маркер запрашиваемого устройства

(в диапазоне 1-15, 0 – широковещательный адрес)

OP – код операции выполняемой станцией (в диапазоне 0-7)

S_MR – маркер отвечающего устройства (в диапазоне 1-15, 0 – зарезервирован)

ST – код состояния станции (в диапазоне 8-15)

S/C – бит указывает 1 – команда станции, 0 – состояние станции

В случае состояния станции значения кода следующие:

0(8) – устройство готово

1(9) – ошибка канала 1

2(10) - ошибка канала 2

6(14)- ошибка канала 6

7(15)- ошибка канала упр.

В случае команды станции значения кода следующие (Таблица 1)

Таблица 1. – Пример команд выполняемых станцией петли

Команда	Описание	Данные	Ответ
H_MR=0, OP=0	Начать перенумерацию устр.	-	1 байт состояния (n + 1) станции
H_MR=xx, OP=1	Запустить устр.	-	1 байт Эхо + 1 байт состояния
H_MR=xx, OP=2	Остановить устр.	-	1 байт Эхо + 1 байт состояния
H_MR=xx, OP=3	Уст. угол регулирования	2 байт	1 байт Эхо + 1 байт состояния
H_MR=0, OP=4	Измерить U, T	-	1 Эхо + 1 сост. + 12 байт данных
H_MR=xx, OP=5	Тест драйвера*	-	1 байт Эхо + 1 байт состояния
H_MR=xx, OP=6	Проверить связь*	-	1 байт Эхо + 1 байт состояния
H_MR=xx, OP=7	Сброс станции	-	-
H_MR=0, OP=0	Начать перенумерацию устр.	-	
H_MR=0, OP=1	Запустить устр.	-	1 байт Эхо + n байт состояния
H_MR=0, OP=2	Остановить устр.	-	1 байт Эхо + n байт состояния
H_MR=0, OP=3	Уст. угол регулирования	2 байт	1 байт Эхо + n байт состояния
H_MR=0, OP=4	Измерить U, T*	-	1 Эхо + n*13 байт данных
H_MR=0, OP=5	Тест драйвера*	-	1 Эхо + n байт данных
H_MR=0, OP=6	Проверить связь	-	1 байт Эхо + n байт состояния
H_MR=0, OP=7	Сброс станции	-	-

При получении команд с маркером H_MR=0 станции осуществляют очередность передачи в соответствии со своим номером, и осуществляя формирование окна по внутреннему таймеру период которого равен: $T*(n-1)$, где T-длительность передачи одного байта, n-номер устройства по маркеру. За исключением команд под * - очередность передачи данных определяется в соответствии с сигналами синхронизации (см. рисунок 9)

При первоначальном включении головная станция (ведущий кольца) осуществляет выдачу команды (H_MR=0,OP=0) на перенумерацию узлов сети. После чего первый узел, получивший данную команду присваивает себе маркер за номером 1 и формирует команду (S_MR=1,OP=0) для передачи следующему узлу. Следующий за ним узел присваивает себе маркер за номером 2, и далее процесс перенумерации продолжается до тех пор пока головная станция не получит ответ от последнего узла в сети содержащего его порядковый номер. Пошагово, данная процедура представлена на рисунке 6.

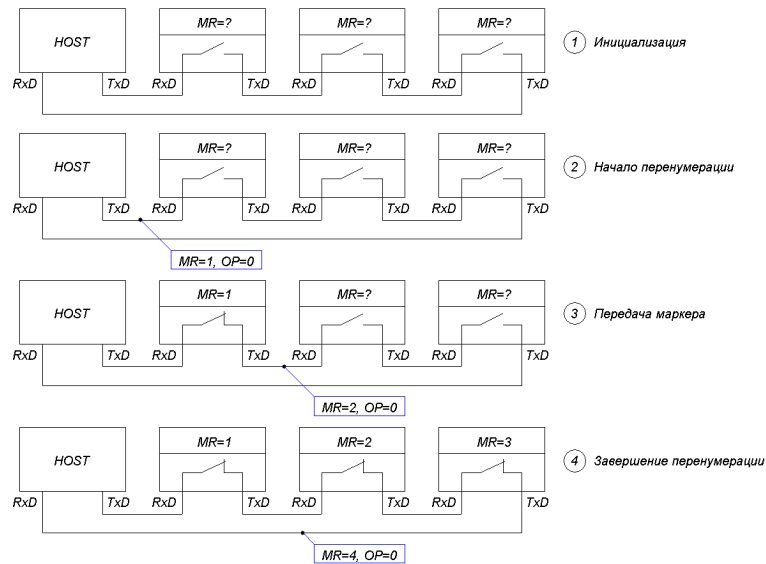


Рис. 6. – Выполнение перенумерации устройств

После того как узлы сети получили свои маркеры, кольцо переходит в связанное состояние, все узлы в это время отключены от кольца и осуществляют только прием широко-вещательных команд. В этом случае становится возможным инициирование локального обмена сообщениями с выбранным узлом. Процедура обмена представлена на рисунке 7.

Для инициирования обмена головная станция формирует пакет содержащий адрес ведомого узла (H_MR) и код операции (OP), после того как узел принял и декодировал свой адрес, он разрывает связанность кольца, в результате чего оно преобразуется в соединение точка-точка.

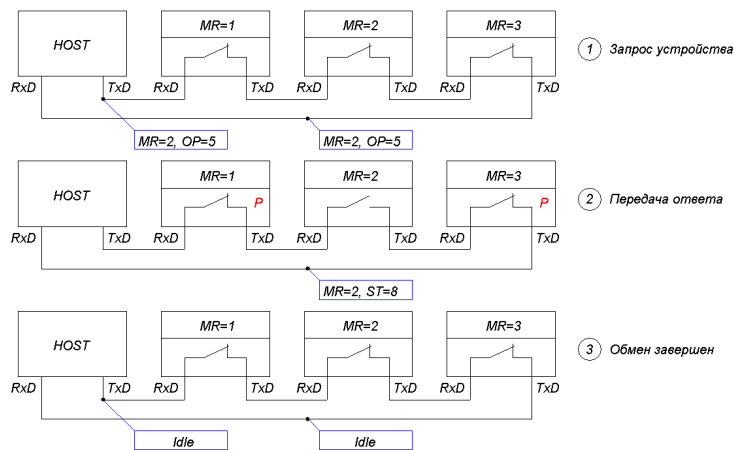


Рис. 7. – Выполнение локальной передачи данных станции

Также протоколом предусмотрена широко-вещательная передача команд всем модулям одновременно, например, для синхронности загрузки одностипных констант. В этом случае работа кольца и узлов сети показана на рисунке 8, и аналогична процедуре перенумерации за исключением того, что все узлы обрабатывают команду одновременно, а передачу ответа производят по порядку в соответствии со своим маркером.

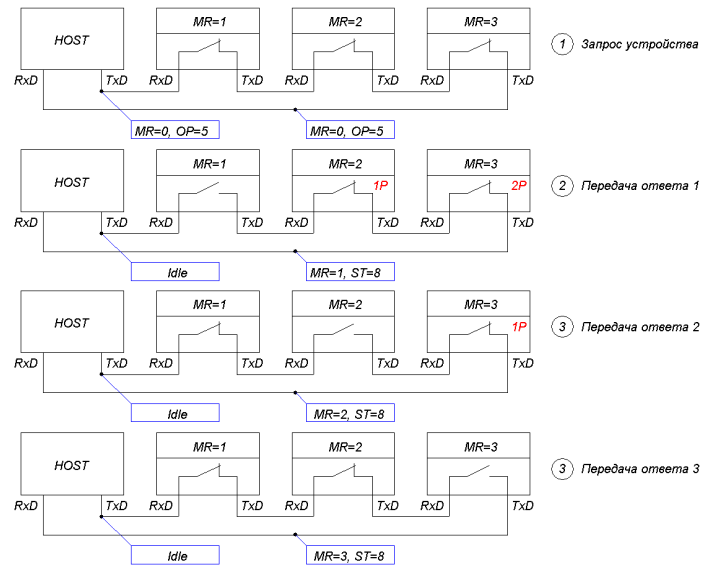


Рис. 8. – Выполнение широковещательной передачи данных станцией

В случае, когда для передачи данных отводится строго определенное временное окно, предусмотрена команда начала передачи ответа ведомого узла в соответствии с сигналами внешней синхронизации. Работа протокола передачи данных в этом режиме приведена на рисунке 9. Здесь стрелочкой указывается, активирование сигнала синхронизации, а символом “P” нахождение узла в состоянии ожидания. Узел находится в 2х состояниях: 1- ожидание сигнала синхронизации, после он может начать передачу ответа или ожидания завершения выполнения групповой команды. Временные диаграмм поясняющие очередности передач данных узлами показаны на рисунке 10.

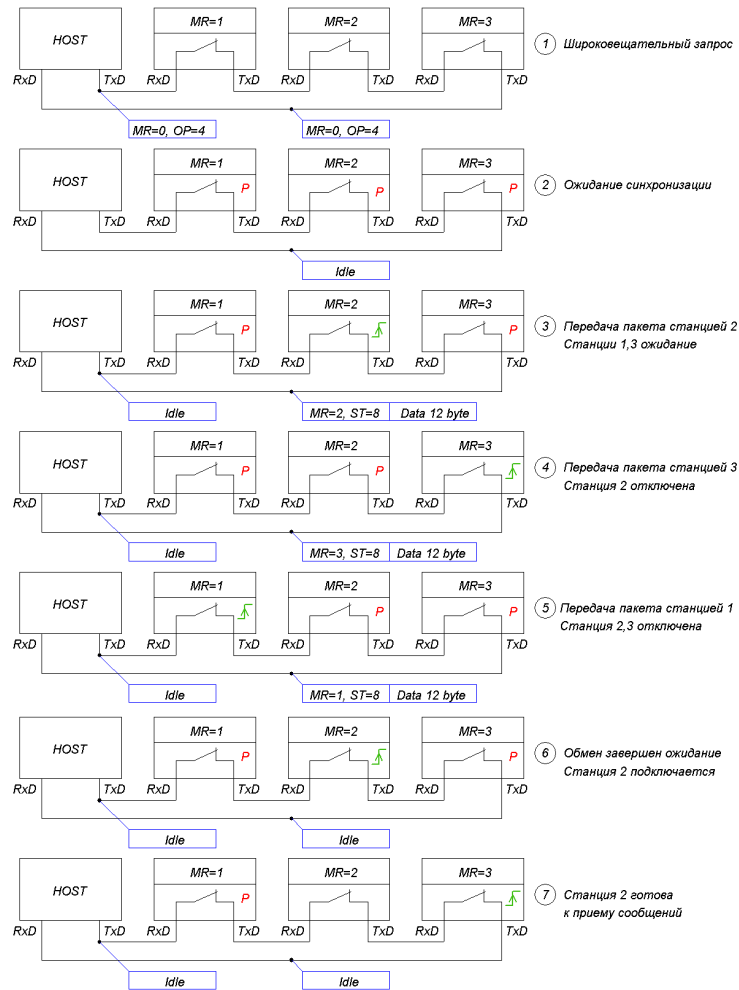


Рис. 9. - Выполнение измерения широковещательной командой

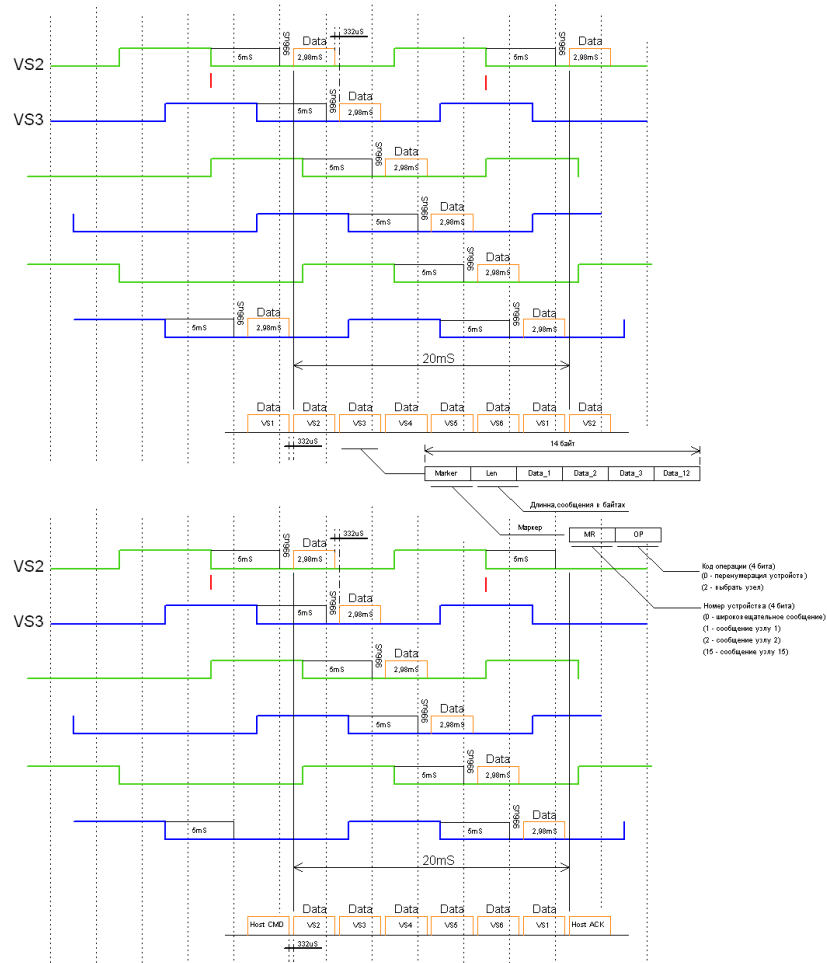


Рис. 10. – Очередность передачи данных узлами сети в соответствии с сигналами синхронизации.

Заключение

Применение низкоуровневых сетевых решений в построении систем управления на основе микроконтроллеров, находят все большее применение. Как правило, это связано с необходимостью взаимодействия подсистем управления связанными процессами. Разработанный протокол является значительно более простым по сравнению с уже существующими, базируется на основе широко распространенного модуля UART, что позволяет интегрировать практически во все известные микроконтроллеры. Возможность простого перехода на ВОЛС в качестве физической среды передачи данных, несомненный плюс в решении задач, требующих максимальной помехоустойчивости.

Сведения об авторах

Матвеев Дмитрий Алексеевич – Ведущий инженер ООО "Электронные и программные системы, e-mail: dimitry88@mail.ru