

Технология 1-wire и интерфейс доступа к устройствам ibutton компании Maxim

Виталий Грибачёв (Санкт-Петербург)

В статье приведено описание шины MicroLan и соответствующих ИС, выпускаемых компанией Maxim.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕТЕЙ MICROLAN

Технология однопроводного интерфейса 1-wire, или MicroLan, была разработана в конце 1990-х годов фирмой Maxim и не получила широкого распространения. Шина MicroLan до сих пор не является фактическим стандартом для персональных компьютеров, и производители материнских плат не включают в состав своих изделий контроллеры для этой шины.

Ситуация кажется тем более странной, что многие производители материнских плат охотно встраивают в свои изделия аппаратную поддержку новых, малоизвестных или экспериментальных шин в надежде, что фирмы – производители программного и аппаратного обеспечения в будущем поддержат эти архитектуры массовым выпуском программного обеспечения и соответствующей периферии. Очень часто этот благородный почин остаётся без ответа, и новая шина, так и не дождавшись массового применения, становится очередной тупиковой ветвью технологической эволюции, пугая неопытных владельцев материнских плат пустыми разёмами странного вида.

(Много ли сборщиков ПК помнят сейчас, что должно было включаться в разъём AMR на материнских платах компании Chaintech?)

К счастью, с технологией 1-wire ничего подобного не произошло. Судя по всему, она активно развивается, и с каждым годом расширяется как сфера её применения, так и номенклатура поддерживаемых её изделий. И этому есть вполне объективные технологические причины.

Шина 1-wire представляет собой способ объединения разнообразных

периферийных устройств на основе однопроводной технологии. На самом деле проводов, конечно, два, но один из них используется в качестве общего или «нулевого» провода.

Для прокладки сети 1-wire достаточно обычного телефонного провода или стандартной витой пары любой категории. Общая длина линии не должна превышать 300 м, при этом скорость передачи данных достигает 16 300 бит/с, что в большинстве случаев вполне достаточно для обмена информацией с разнообразными периферийными устройствами.

Протокол работы MicroLan сознательно упрощён и оптимизирован для удобства применения распространённых типов микроконтроллеров, например, с архитектурой MCS-51 или AVR. Конфигурация сети 1-wire предусматривает наличие одного ведущего и множества ведомых устройств. При этом допускается динамическая реконфигурация, т.е. любое ведомое устройство может в любой момент быть подключено к сети или отключено от неё. Во избежание конфликта адресов каждое ведомое устройство имеет свой уникальный адрес, который прошивается в ПЗУ устройства на заводе.

Немного забегаая вперед, хотелось бы описать, каким образом решена проблема получения адресов при одновременном подключении к однопроводной линии нескольких ведомых устройств, адреса которых ведущему устройству заранее не известны.

Уникальный идентификационный код (ИК) каждого устройства записан в ПЗУ, поэтому команды, относящиеся к адресации устройств на шине, называются командами ПЗУ. Всего их четыре. Команда «чтение ПЗУ» ис-

пользуется для чтения ИК в тех случаях, когда устройство на шине одно. Если устройств несколько, то результатом будет установление на шине логического «И» над всеми ИК в сети. Команда «пропуск ПЗУ» используется для адресации всех устройств одновременно. Команда «совпадение ПЗУ» используется для адресации конкретного устройства.

Команда «поиск ПЗУ» используется для инициации процедуры поиска ведомых устройств. Происходит это следующим образом. Вначале подаётся команда «поиск ПЗУ». В ответ на эту команду каждое ведомое устройство размещает на шине первый бит своего идентификатора. Ведущее устройство считывает результат в виде логического «И» всех этих битов. Затем ведомые устройства выставляют на шину инверсные логические дополнения своих первых разрядов. Например, если в первом разряде у всех была единица, то на шине в итоге последовательно появятся два бита – 1 и 0. Если в первом разряде у всех 0, то мастер принимает 0 и 1. А если у одних устройств 0, а у других 1, то мастер принимает 0 и 0. После этого ведущее устройство выбирает, с какими адресами оно будет работать. Допустим, оно выбрало устройства с 1 в первом разряде. Тогда ведущее устройство выставляет этот бит на шину, и в дальнейшем ему отвечают только устройства, которые имеют в первом разряде 1. Остальные устройства переходят в режим ожидания.

После ряда таких циклов на шине останется в активном состоянии только одно устройство, ИК которого будет определён полностью. Все остальные устройства будут находиться в режиме ожидания. Для запуска процедуры определения следующего ИК ведущее устройство снова даёт команду «поиск ПЗУ», и все шаги повторяются до тех пор, пока не окажутся определёнными все устройства,

подключенные к шине в данный момент времени.

Разумеется, всё было бы гораздо проще, если бы шина состояла из большего числа проводников. Но провод всего один. И проблема поиска адреса, на взгляд автора, решена в этом алгоритме весьма изящно.

Учитывая замысловатый протокол передачи отдельных битов команд и данных в однопроводной сети, важным моментом при управлении шиной MicroLan является выдерживание точных временных интервалов. Поэтому для стабильной работы сети в качестве ведущего устройства рекомендуется использование промышленных микроконтроллеров с тактовой частотой не менее 2,17 МГц. При этом в протоколе различают десять видов различных задержек: $A = 6$ мс, $B = 64$ мс, $C = 60$ мс, $D = 10$ мс, $E = 9$ мс, $F = 55$ мс, $G = 0$ мс, $H = 480$ мс, $I = 70$ мс и $J = 410$ мс. Ведущее устройство использует их в соответствии со следующими алгоритмами (см. рисунок 1).

Все периферийные устройства MicroLan оснащены встроенными контроллерами сети, позволяющими им работать в сети сразу после подключения, без дополнительной конфигурации. Поэтому беспокоиться о точном соблюдении значений задержек со стороны ведомых устройств разработчику не следует. Более того, на практике значения задержек ведомых устройств могут «плавать» в некоторых пределах.

Логические уровни напряжения в сети соответствуют уровням КМОП/ТТЛ. Это означает, что напряжение выше 2,2 В соответствует лог. 1, а напряжение ниже 0,8 В соответствует лог. 0. Общее напряжение питания сети составляет от 2,8 до 6,0 В.

Для повышения стабильности уровня питающего напряжения используется встроенная ёмкость 800 пФ. Передача данных в сети асинхронная, полудуплексная. За одну секунду ведущее устройство может адресовать до 75 ведомых сетевых устройств. В за-

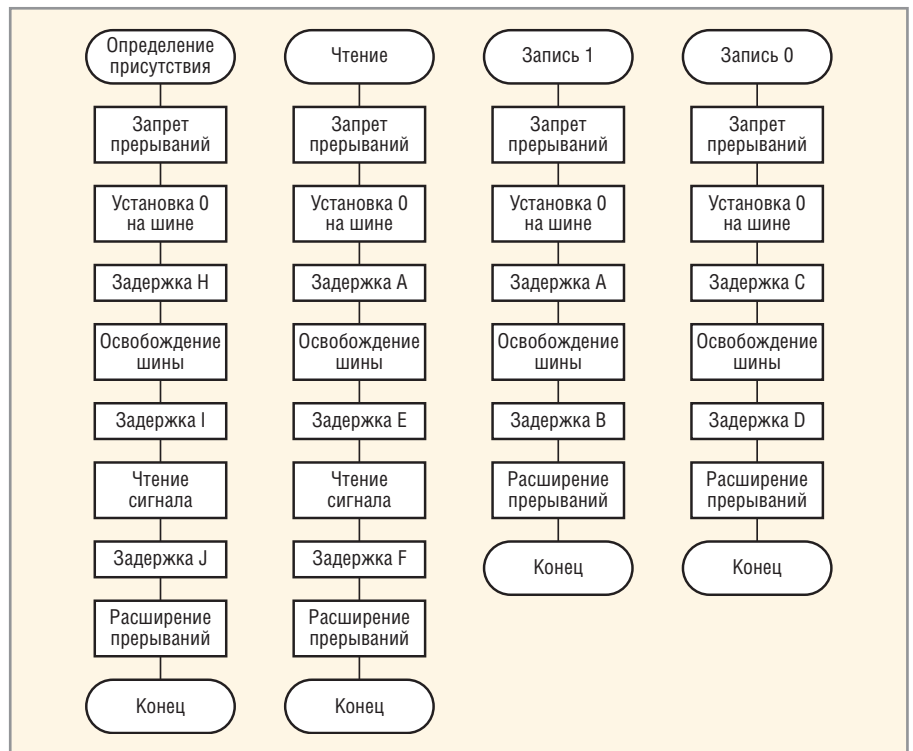


Рис. 1. Алгоритмы ведущего устройства

висимости от предшествующих команд, набор импульсов, посылаемых ведущим устройством, может интерпретироваться ведомыми устройствами как команда или как данные.

Чаще всего в качестве ведущего устройства выступает персональный компьютер, оснащённый специализированным драйвером и адаптером сети MicroLan, подключаемым к широко распространённым последовательным портам USB или RS-232.

АРХИТЕКТУРА СЕТЕЙ MICROLAN

Наиболее простой архитектурой является линейная топология сети с одним ведущим и некоторым количеством ведомых устройств, соединённых по схеме «общая шина», как показано на рисунке 2.

В случаях, когда число одновременно подключенных к сети устройств достаточно велико (больше 20), с целью повышения помехоустойчи-

вости к сети через стандартную телефонную розетку типа RJ11 может быть подключен блок питания, как показано на рисунке 3.

Топология сетей с общей шиной не является единственно возможной для практической реализации. Она исключительно удобна для подключения цепочек разнообразных датчиков, например, температуры или давления. Однако в номенклатуре выпускаемых фирмой Maxim компонентов есть специализированные устройства для организации топологии сетей MicroLan типа «звезда» – так называемые разветвители, или коммутаторы ветвей. Они позволяют организовывать на физическом уровне топологии типа «звезда» любого вида при сохранении топологии «общая шина» на логическом уровне. Структурная схема подобной сети показана на рисунке 4. В качестве примера подобных приборов можно привести адресуемый ключ DS2406P, коммутирующий возврат-

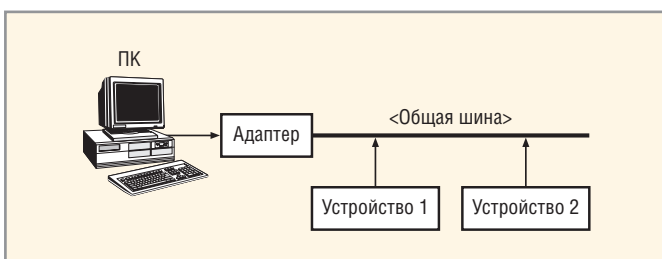


Рис. 2. Сборка сети MicroLan на основе топологии «общая шина»

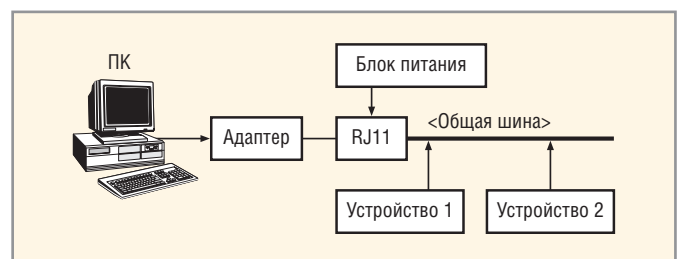


Рис. 3. Подключение к сети дополнительного блока питания

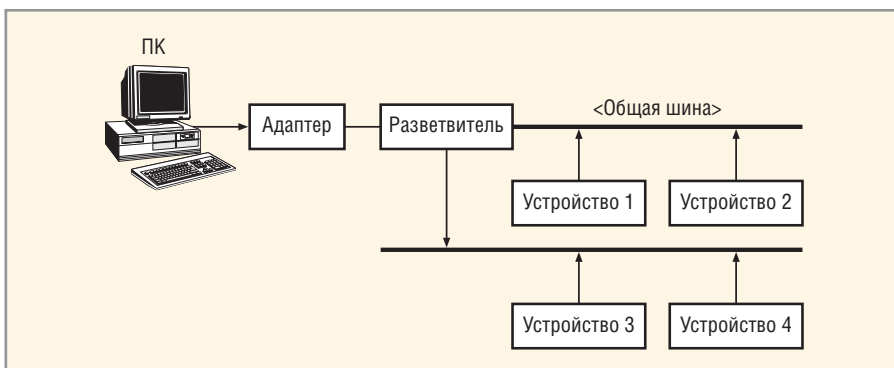


Рис. 4. Ветвление в сетях MicroLan с помощью коммутатора

ный провод однопроводной линии, а также прибор DS2409, коммутирующий саму шину данных в сети MicroLan.

Для сопряжения с традиционными сетями на основе технологии Ethernet компания Maxim выпускает специализированную плату TINI-board, содержащую микроконтроллер, последовательный порт RS-232 и аппаратный драйвер магистрали MicroLan, который позволяет этой плате выступать в качестве ведущего устройства в однопроводных сетях. Со стороны пользователей Интернет плата TINI-board может выглядеть как веб-сервер, предоставляющий по запросу информацию, фиксируемую устройствами сети MicroLan. Кроме того, плата имеет собственную память, позволяющую ей накапливать информацию от периферийных устройств и в автоматическом режиме пересылать её другим удалённым серверам сети Интернет.

В настоящее время выпускается достаточно большая номенклатура периферийных устройств 1-wire. В зависимости от технических требований, разработчики могут использовать микросхемы в форм-факторе MicroCAN, внешне напоминающем металлический дисковый аккумулятор, или в обычных прямоугольных корпусах DIP. В случае дискового исполнения, выходными выводами являются изолированные половинки прочного металлического корпуса. Такая конструкция наиболее популярна для приборов защищённой энергонезависимой памяти («таблетки» ibutton), используемых в схемах идентификации или электронных замках. В настоящее время подобными «таблетками» многие горожане открывают двери своих домов и подъездов.

Приборы ibutton выпускаются с различным объёмом памяти – от 1 Кбит (DS1992) до 64 Кбит (DS1996) – и подходят не только для защищённого хранения электронных ключей и кодов доступа, но также для переноса небольших объёмов информации. Следует отметить, что надёжное хранение паролей и ключей шифрования является одной из проблем современной криптографии. И дело тут не в используемых алгоритмах, а в том, что надёжность любой современной криптосистемы определяется её слабым звеном. А таковым звеном в любой, даже самой надёжной человеко-машинной системе, является человек.

Применительно к хранению паролей это проявляется в том, что лишь немногие люди в состоянии запомнить длинный (больше 7 символов) или состоящий из набора бессмысленных символов пароль. Запись пароля на бумаге или в блокноте также не является правильным решением, поскольку бумаги имеют склонность теряться или попадать в руки посторонних лиц. Ещё сложнее, если необходимо защищённое хранение пароля значительной длины (больше 512 бит) или ключевого файла.

Использование 1-wire-компонентов с защищённой памятью, например DS1991, позволяет решить эту проблему. Область памяти этих устройств защищена паролем, то есть пользовательская программа должна ввести пароль, чтобы что-то прочитать из памяти DS1991 или записать в неё. При этом пароль доступа к защищённой памяти может быть небольшой длины – всего 4-5 символов. Количество попыток перебора пароля ограничивается на аппаратном уровне. При превышении числа попыток ввода пароля защищённая память ав-

томатически блокируется или стирается.

Исполнение прибора в прочном влагонепроницаемом малогабаритном корпусе с литиевой батарейкой внутри вносит дополнительный элемент защиты хранимой внутри информации. Для более ответственных применений фирмой разработаны криптографические процессоры DS1954. Микроконтроллеры, встроенные в эти изделия, способны производить аппаратное шифрование по алгоритму RSA с длиной ключей 1024 бита. Достаточно низкая цена устройств и повышенная механическая прочность исполнения выгодно отличает устройства ibutton от изделий аналогичного назначения других фирм.

Ряд приборов выпускается для повышения гибкости и интерактивности проектируемых автоматизированных систем. В частности, на базе часов реального времени с таймером (DS2417) могут быть реализованы автономные таймеры, генерирующие сигналы прерываний, подаваемые на выводы промышленных микроконтроллеров для организации управления внешними устройствами.

В номенклатуре приборов с однопроводным интерфейсом (см. таблицу) имеются датчики влажности и температуры (гигрохрон DS1923-F5), диоды электростатической защиты (DS9502), аналогово-цифровые преобразователи (DS2450), интеллектуальные датчики разряда батарей (DS2760) и др. Вероятно, наиболее интересными устройствами среди всего этого многообразия являются приборы для измерения температуры и датчики разряда батарей.

Датчики разряда батарей представляют собой устройства 1-wire, встраиваемые непосредственно в аккумуляторную батарею и хранящие всю необходимую информацию об особенностях её изготовления и индивидуальных технических параметрах. Кроме того, данное устройство позволяет в реальном времени отслеживать режим эксплуатации элемента питания и динамику изменения эксплуатационных параметров на протяжении всего срока службы. Не секрет, что именно источники питания, их габариты и ёмкость являются ахиллесовой пятой современных малогабаритных электронных устройств. Поэтому тщательное плани-

Сводная таблица основных характеристик некоторых устройств 1-wire

Тип	Название устройства	Объём встроенной памяти	Рабочий диапазон температур, °С	Напряжение питания, В	Диапазон измерения температуры, °С	Количество циклов перезаписи
DS2406	Сдвоенный адресуемый коммутатор	1 Кбит	-40...+85	2,8...6,0	-	-
DS2409	MicroLAN Coupler	-	-40...+85	4,5...5,0	-	-
DS1992	Энергонезависимая память	1024 бит (NVS RAM)	-40...+70	0,5...7,0	-	Не менее 1 000 000
DS1996	Энергонезависимая память	65 536 бит (NVS RAM)	-40...+70	0,5...7,0	-	Не менее 1 000 000
DS2417	Таймер с функцией прерывания	-	-40...+85	2,5...5,5	-	-
DS1923 -F5	Термогигрограф	512 байт	-20...+85	0,5...5,5	-20...+85	-
DS9502	Специализированный стабилитрон	-	-40...+85	0,9...5,5	-	-
DS2450	Четырёхканальный АЦП	-	-40...+85	2,56...5,12	-	-
DS2760	Прецизионный монитор элементов питания	16 байт SRAM, 32 байта EEPROM	-40...+85	Определяется элементом питания	-	-
DS1921Z -F5	Термохрон	4 Кбит	-5...+26	0,5...5,5	-5...+26	-
DS2423	Память со счётчиком	4 Кбит	-40...+85	2,8...5,5	-	-
DS1991	Энергонезависимая память с паролем доступа	1344 бит (NVS RAM)	-40...+85	2,8...5,5	-	Не менее 1 000 000

рование процесса эксплуатации элементов питания позволяет подобрать индивидуальный режим заряда-разряда каждой батареи и тем самым увеличить срок её службы. Кроме того, эти сведения могут быть полезны при разработке новых типов элементов питания.

Распределённый мониторинг температуры легко организуется с помощью набора датчиков DS1921 («термохрон»). Устройства являются дискретными цифровыми самописцами, регистрирующими температурные колебания. Данные измерений температуры сохраняются во внутренней энергонезависимой памяти датчиков и могут быть считаны ведущим устройством в любой момент времени.

Более совершенным является устройство «гигрохрон» (DS1923-F5), которое представляет собой миниатюрный термогигрограф, осуществляющий мониторинг температуры и влажности окружающей газовой среды. Диапазон измеряемых температур составляет от -20 до +85°C, а относительной влажности – от 0 до 100%. Активированный и предоставленный сам себе прибор ведёт автоматическую запись параметров окружающей среды через равные, заранее заданные промежутки времени. Минимальный интервал между последовательными измерениями составляет 1 мин; всего в памяти прибора помещается до 16 777 215 отсчётов. Ведущее устройство может посылать по сети запрос и считывать накопленные данные. Судя по всему, измерение и фиксация разнообразных параметров окружающей среды является магист-

ральным направлением в номенклатуре выпускаемых фирмой изделий.

Не так давно фирмами Dallas Semiconductor и Texas Weather Instruments был завершён совместный проект по созданию автоматической климатической станции, регистрирующей погодные условия в разных районах штата Техас. Метеостанции были полностью укомплектованы 1-wire-приборами измерения атмосферного давления, электрических разрядов, температуры, влажности, скорости ветра (DS2423) и др. Сведения об измеряемых метеорологических параметрах собирались с системы датчиков при помощи локальных компьютеров и через Интернет пересылались на центральный диспетчерский сервер, обрабатывающий и фиксирующий сведения о погоде целого региона. Проект был реализован настолько удачно, что в настоящее время фирма Maxim производит целый набор специализированных микросхем WS-1, предназначенный для построения автоматизированных метеорологических станций. Данный комплект микросхем пользуется большим успехом у разработчиков по всему миру.

Таким образом, можно отметить, что компании Maxim удалось создать эффективную и достаточно простую технологию, облегчающую создание автоматизированных систем контроля и управления широкого спектра применения. Среди положительных сторон данной технологии следует отметить простую адресацию абонентов, простой и достаточно надёжный протокол передачи данных в сети, эффективные архитектурные ре-

шения сетей MicroLan, возможность динамического изменения конфигурации сети, достаточно большую протяжённость линий связи MicroLan, рациональное распределение контроллерных функций между ведущим и ведомыми устройствами и, наконец, дешёвизну технологии в целом.

Необходимо отметить и недостаток технологии. Обычный телефонный кабель, используемый для прокладки линий MicroLan, обладает не слишком хорошими частотными характеристиками и помехоустойчивостью, вследствие чего скорость передачи данных в сетях 1-wire невелика. Однако скорости передачи 16 Кбит/с вполне достаточно для большинства практических применений систем автоматизированного управления, а для фиксации данных о быстропротекающих процессах можно использовать дополнительное оборудование и линии связи другого типа.

Что касается помехоустойчивости, то проблема частично решается точным соблюдением технических условий прокладки линии, применением витой пары, повышением напряжения питания при помощи внешнего блока питания. Если этих мер окажется недостаточно, то стоит подумать о технологии с другими частотными характеристиками или применять более короткие отрезки линий, а в промежутках ставить компьютеры-ретрансляторы, соединённые между собой помехоустойчивыми линиями связи на основе других интерфейсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.maxim-ic.com>.

