

Э. Л. Неханевич

(Институт ядерной физики им.Г.И. Будкера, Новосибирск)

БЫСТРЕЕ, ДАЛЬШЕ, НАДЕЖНЕЕ, ... ЧЕМ RS-232C

The digital transmission system DRR (Data-Response-Request) was developed and tested for a long time at the Institute of Nuclear Physics. It has no shortcomings of the RS-232C standard. In this system single bytes supplemented by bit-identifier command/data and the service signal response, are transferred along the same transmission line (twisted pair) to meet to one another. Besides, it's possible to transfer a continuous signal request instead of data-byte. A method of time sharing of data and control signals is applied. This system has no collisions of simultaneous transmission and can reveal such state as line gap or passivity abonents. The developed method of data communication excels in all parameters both relatively old standard RS-232C or its analogs (Recomendations V.24/V.28, Стык С2, ИППС, 20-mA current loop) and such new standards as RS-422, RS-423. Moreover, as a rule, a higher bit rate, better noiserproof factor and communication reliability are provided. The presence and specificity of service signals allow to realize interfaces of communication with devices, which are traditionally connected to computers with parallel interfaces - printers, tapes, disks.

"...стандарт EIA RS-232C уже не удовлетворяет новым требованиям, ... является стандартом прошлого, слабо приспособленным к появлению новых внешних устройств и к работе с быстродействующими терминалами."

Дж.Д.Нику // ТИИЭР. 1976. Т.64, июнь.

"Хотя интерфейсы RS-232C очень распространены и, как правило, соответствуют стандарту, лишь очень немногие изделия, совместимые с RS-232C, могут взаимодействовать друг с другом без серьезных доработок кабельного монтажа и программных средств."

Питер Д.Макуильямс // Электроника. 1984. N3. С.43.

"Интерфейс RS-232C относится к числу наименее понимаемых и доставляющих наибольшие неприятности интерфейсов из тех, с которыми имеют дело пользователи ПК."

Р.Олфорд // Мир ПК. 1989. N3. С.101.

"Хотя стандарт RS-232C определяет назначение каждого контакта разъема, некоторые изготовители устройств, применяя этот стандарт, используют контакты разъемов не в соответствии с его нормами, что ставит проблемы совместимости при введении устройств в состав систем."

Дж. Фергусон и др. Обслуживание микропроцессорных систем. М. 1989. С.108.

Можно продолжать список высказываний, перечисляющих недостатки стандарта RS-232C и его аналогов, но отметим только уникальное свойство

этого стандарта, которое заключается в том, что два устройства, выполненные в полном соответствии с требованиями стандарта, по отдельности работающие с третьим устройством, как правило не работают друг с другом без доработки соединительного кабеля или монтажа, так как по определению этот стандарт не является полностью симметричным. Особенно заметно проявляются недостатки этого стандарта (низкая скорость, невысокая помехоустойчивость, отсутствие идентификации передаваемых команд и данных, "многовариантность" соединения) в случае использования его для организации локальных вычислительных сетей.

В Институте ядерной физики им. Будкера разработана и проверена в процессе длительной эксплуатации система передачи данных ДОЗА (Данные-Ответ-ЗАпрос) [1], свободная от недостатков как стандарта RS-232, так и его более поздних модификаций RS-422 и RS-423.

В системе передачи данных ДОЗА *данные* в виде отдельных байтов и служебный сигнал *ответ* передаются по одной физической линии. Кроме того, вместо байта данных можно передать непрерывный сигнал *запрос*. Применяется способ временного разделения данных и управляющих сигналов, причем обеспечена схемная защита от некоторых коллизий (отсутствие абонента, обрыв линии, взаимное обращение). Кроме очевидных достоинств (минимум соединений, асинхронность) интерфейсы, разработанные в этой системе, обладают следующими возможностями:

1. Передаваемый байт дополняется признаком *команда*, который используется для управления связным протоколом, а также может применяться для управления сложными внешними устройствами.

2. Применяемый биполярный код с чередованием полярности импульсов оптимально использует полосу частот и не имеет постоянной составляющей, его формирование и декодирование реализуются несложными схемами. Допускается аппаратный контроль чередования импульсов, что дает возможность просто и достаточно эффективно следить за качеством приемопередающего тракта.

3. Скорость передачи до 40 Кбайт/с при длине линии связи до 1 км. В качестве линии связи используются две витые пары низкочастотного телефонного кабеля, дешевого и удобного для прокладки как внутри, так и вне зданий.

4. Хорошее согласование приемников и передатчиков с линией связи, трансформаторная развязка с обеих сторон, сбалансированность приемопередающего тракта обеспечивают высокую помехозащищенность. Эти же качества в сочетании с низким уровнем сигнала в линии делают незначительными наводимые помехи, что позволяет применять в качестве линий связи телефонную кабельную сеть предприятия.

5. Все схемы (в том числе линейные приемные и передающие усилители) выполнены на ИС серий ТТЛ и ТТЛШ широкого применения, используется только один источник питания +5 В при длине линии связи до 500 м. При расстояниях до 1 км применяются передатчики с повышенным напряжением питания +12 В.

6. Линейный интерфейс полностью симметричен, что исключает необходимость какой-либо доработки при соединении между собой любых устройств, оборудованных интерфейсами системы ДОЗА. Во всех случаях используется единственный тип распайки соединительного кабеля с одинаковыми разъемами на концах. Кабель содержит две витые пары, причем схема приемника нечувствительна к полярности сигнала — это избавляет от необходимости прозванивать провода в паре.

7. Возможен "шлейфовый" контроль приемопередатчиков одного интерфейса, а также соединение между собой двух простых устройств — приемника и передатчика без какого-либо устройства управления. Всевозможные рабочие, ремонтные, переходные кабели, переходники, электромеханические ком-

мутаторы распаиваются так, что при любом последовательном соединении передатчик будет связан с приемником — не потребуются дополнительная прозвонка или переделка в каком-либо звене.

8. Служебные сигналы *ответ* и *запрос* передаются в виде непрерывной последовательности, что исключает потерю сигнала при операции начальной установки, временного разрыва линии или из-за несвоевременного включения абонента. Наличие сигнала *запрос* позволяет организовать мультиплексор линий связи [2], в котором используются общие схемы приемных и передающих регистров, а каналобразующая часть содержит только линейные усилители, что позволяет значительно упростить аппаратуру концентратора в звездообразной (радиальной) локальной сети.

Разработанный способ передачи данных по всем основным параметрам превосходит не только относительно старый стандарт RS-233С и аналогичные, известные под названиями Рекомендации V.24/V.28, Стык С2, ИРПС, токовая петля, но и сравнительно новые, такие, как RS-422 и RS-423. Возможности, заложенные в системе ДОЗА, полностью перекрывают области применения перечисленных стандартов. При этом, как правило, обеспечивается более высокая скорость передачи, повышенная помехоустойчивость и надежность связи. Кроме того, наличие и специфика служебных сигналов позволяют реализовать интерфейсы связи с устройствами, которые традиционно подключаются к компьютерам через параллельные интерфейсы — принтеры, перфоленточные устройства, магнитофоны, диски.

При оценке системы связи на первом месте должна стоять надежность, правильно было бы также оценивать систему по соотношению производительность/стоимость. На практике обычно приводятся только данные по скорости передачи. Этот параметр легче всего выразить численно, но тем не менее можно трактовать очень неоднозначно. Приведем некоторые сведения по реальной скорости передачи в локальной сети ОРТ [3], построенной на элементах системы ДОЗА.

Реальная скорость зависит от многих факторов (тип процессора, длина блоков обмена, загруженность сети, тип устройства — источника данных и т.д.). Хотя физическая скорость в системе ОРТ около 40 Кбайт/с, программное управление обменом снижает ее до 15 Кбайт/с. С учетом системных издержек средняя скорость еще в 2—4 раза ниже. Например, при отсутствии обращений с других линий скорость загрузки оперативной памяти терминальной ЭВМ с центрального дискового накопителя системы ОРТ около 5 Кбайт/с, а чтение с системного электронного диска может выполняться со скоростью около 7,7 Кбайт/с. При одновременном обмене по нескольким линиям время обслуживания возрастает примерно пропорционально количеству активных линий. Задержка реакции на запрос равна времени передачи одного блока, умноженному на количество необработанных запросов.

О надежности системы говорит такой факт: частота выхода из строя элементов линии связи не превышает аналогичный параметр для остальных элементов интерфейсных плат и снижается по мере приработки элементов системы. В системе ОРТ максимальное время работы без перезапуска составило 600 ч. Системная программа регистрации фиксирует интенсивность обменов по линиям и количество ошибок — протокольных, таймаутов, контрольной суммы. На отлаженных линиях ошибки контрольной суммы практически отсутствуют, а количество остальных ошибок незначительно и объясняется некорректным включением и выключением аппаратуры, особенностями связного протокола и другими факторами, которые существенного влияния на работоспособность системы не оказывают. Основной вывод, который можно сделать в результате опыта многомесячной непрерывной работы подсистем ОРТ: система связи отличается рекордно низкой стоимостью, высокой надежностью, удобством эксплуатации и обеспечивает производительность, вполне приемлемую для большинства применений.

К недостаткам системы ДОЗА можно отнести отсутствие интегральной схемы, реализующей основные функции, и необходимость настройки уровня порога приемника. Первый из этих недостатков вполне преодолим. Кроме того, схемотехника линейной части хорошо отработана и вместе с приемным и передающим регистрами требует всего 15—20 ИС средней интеграции. Необходимость настройки (второй недостаток) объясняется применением трехпозиционного линейного сигнала, причем при малых расстояниях достаточно установить порог переменным резистором, а на предельных расстояниях устанавливается "вилка" бесбойной работы, величина которой наглядно характеризует степень устойчивости линии связи.

Так как основное применение системы ДОЗА предполагалось в аппаратуре передачи данных, то значительные усилия были приложены для исследования возможностей применения с этой целью дешевого и доступного низкочастотного телефонного кабеля. Можно отметить, что результаты превзошли все ожидания. Так, оказалось возможным передавать данные по этому кабелю с тактовой частотой около 1 МГц при длине линии до 1 км, что примерно в 100 раз лучше, чем в известных системах. Волновое сопротивление на высокой частоте у применяемых кабелей оказалось равным 120 Ом с незначительным разбросом. Это позволило обойтись без индивидуальной подстройки волнового сопротивления приемопередатчиков.

Разработке и внедрению системы предшествовал длительный этап проверки различных элементов системы с целью набора статистики по надежности, ремонтпригодности и удобству эксплуатации. При этом удалось избавиться от ряда догм или мифов, которыми часто руководствуются разработчики электронной аппаратуры. Имеются в виду такие устоявшиеся стереотипы:

1. Микросхемы широкого назначения непригодны для передачи сигналов на расстояния более, чем несколько метров; не рекомендуется использовать в качестве нагрузки импульсные трансформаторы.

2. Низкочастотный телефонный кабель нельзя применять для передачи сигналов с тактовой частотой выше 10 кГц, волновое сопротивление такого кабеля неопределенно.

3. При передаче широкополосного сигнала достаточно согласовать линию связи только на приемном конце, согласование приемника с волновым сопротивлением кабеля должно быть по возможности точным.

4. Потенциальную развязку линии связи достаточно выполнить с одного конца.

5. При передаче широкополосного сигнала по согласованной линии связи крайне нежелательны промежуточные соединения отрезками кабеля, имеющего другое волновое сопротивление.

6. Кабельная сеть с магистральной организацией намного проще сети с радиальной архитектурой.

Не вдаваясь в подробности, приведем некоторые выводы, которыми можно руководствоваться при разработке аналогичных систем:

1. Микросхемы серии 531 позволяют передавать данные на расстояния до 1 км, работая через импульсный трансформатор на согласованный кабель и отдавая в нагрузку ток не более 20 мА.

2. По низкочастотному телефонному кабелю можно передавать широкополосные сигналы с тактовой частотой около 1 МГц при длине линии связи до 1 км или с более высокой скоростью при меньшей длине, например, 10 МГц при длине 100 м.

3. Необходимо обеспечить согласование по высокой частоте на обоих концах кабеля с точностью около 20 %.

4. Потенциальная развязка линии связи с помощью импульсных трансформаторов совершенно необходима, причем на обоих концах кабеля. В то же время необходимо обеспечить утечку статического заряда с жил кабеля резисторами величиной порядка одного мегаома.

5. При подключении к линии связи, а также для коммутации возможно применение витых пар проводов со сходными, но не обязательно идентичными параметрами при любом количестве промежуточных соединений, нужно только, чтобы суммарная длина соединений не превышала нескольких десятков метров (при тактовой частоте около 1 МГц).

6. Применение многопарных телефонных кабелей при разветвленной конфигурации сети и наличии сотен абонентов делает радиальную организацию кабельной сети сравнимой с магистральной по трудоемкости и стоимости прокладки, а развитие сети и подключение новых пользователей обходится даже дешевле, что обеспечивается наличием резервных линий в прокладываемых кабелях. Сложности эксплуатации разветвленной радиальной сети в значительной степени можно преодолеть аккуратным ведением кабельного журнала, выполненного в виде электронной таблицы или с применением базы данных.

Отметим следующие результаты многолетней деятельности по разработке и внедрению устройств, выполненных в стандарте ДОЗА:

1. Выпущено несколько сотен интерфейсов типа БИМ для микроЭВМ семейства "Электроника". Интерфейсы БИМ поддерживают алгоритм работы терминального интерфейса и интерфейса перфоленточных устройств, что позволяет (в некоторых случаях) обойтись без доработки стандартного программного обеспечения.

2. Разработаны 6- и 48-канальный мультиплексоры для микроЭВМ семейства "Электроника". На базе этих мультиплексоров созданы и эксплуатируются несколько локальных сетей ОРТ, объединяющих большинство автоматизированных рабочих мест в Институте. Скорость обмена в этой сети с учетом программных и системных издержек составляет 2—7 Кбайт/с, что достаточно для большинства применений.

3. Разработан ряд интерфейсов для терминалов, принтеров и перфоленточных устройств. Последние использовались, в частности, на участке станков с ЧПУ, обеспечивая в условиях повышенной электростатики гораздо более высокую надежность, чем стандартные интерфейсы.

4. В стандарте КАМАК выполнены одно- и трехканальный модули передачи данных Д1М и Д3К. Это позволило подключить крейты КАМАК непосредственно к локальной сети ОРТ, использовать в крейте терминальные устройства с соответствующим интерфейсом, а также создать на базе крейта локальные подсистемы ЭВМ.

5. Для персональных ЭВМ выпускается интерфейс В1—РС, который позволяет передавать данные с тактовой частотой от 625 кГц до 5 МГц. Интерфейс дает возможность, используя существующую локальную сеть ОРТ (после соответствующей доработки программного обеспечения) через специально выделенный файл-сервер, выполняющий также функции моста с вычислительной сетью института, работать в профессиональной сети, пользуясь соответствующим сервисом. Этот же интерфейс используется для ввода данных (со скоростью около 200 Кбайт/с) и управления в медицинской установке ЦРД. На базе интерфейсов В1—РС и связанных модулей КАМАК в Институте работают несколько подсистем, использующих профессиональные связанные протоколы.

6. В стандарте ДОЗА выполнен конвертор КИМ, преобразующий сигналы линии связи в сигналы магистрали персональной ЭВМ, позволяющий использовать интерфейсы персональной ЭВМ на значительном удалении от ЭВМ или просто увеличить количество подключаемых к ЭВМ интерфейсов, а также подключать эти интерфейсы к крейту КАМАК или ЭВМ другого типа.

7. На базе конвертора КИМ разработано несколько типов плат контроля и управления (ПКУ). Платы содержат ЦАПы, АЦП с коммутатором аналоговых сигналов, входной и выходной (релейный) регистры, счетчик. В некоторых случаях непосредственно на плате расположен источник питания. Имеется базовый вариант ПКУ, который можно средствами АРМ модернизировать для конкретного применения. Используя мультиплексоры или модули КАМАК и

ПКУ, можно строить высоконадежные распределенные (в отличие от модульных) системы контроля и управления.

В заключение отметим, что, несмотря на превосходные характеристики системы ДОЗА и необычайно широкий спектр ее применения — ее универсальность, устройства системы ДОЗА целесообразно применять преимущественно в индивидуальных каналах перелачи данных, так как система далеко не полностью использует пропускную способность канала. Это объясняется программным способом управления передачей данных и "служебными издержками" из-за побайтной организации обмена в режиме "данные—ответ". Специально для применения в групповых каналах связи между отдельными подсистемами на базе существующей кабельной сети, но с лучшими скоростными характеристиками, разработана система обмена с буферизированием данных СОБИНА. В системе используются аналогичные принципы и схемотехника приемопередатчиков, но добавлены приемный и передающий буферы на 2 кбайта. Кроме того, применяется биимпульсный код и реализована схема контроля линейного сигнала, способная выявить до 97 % сбоев в линии связи. Это качество особенно полезно в системах сбора экспериментальных данных. Разработанные интерфейсы для микроЭВМ семейства "Электроника" и персональных ЭВМ, а также модули в стандарте КАМАК позволяют передавать данные на расстояние до 600 м со скоростью 100 кбайт/с (внутри блока). Реальная же скорость обмена в системе с учетом загрузки/чтения буфера, конечно, ниже, но важно то, что при наличии нескольких каналов возможно совмещение во времени передачи по нескольким каналам и считывание/загрузка буфера.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Неханевич Э.Л., Яснев М.В.* Интерфейсы для простой локальной сети: Препринт ИЯФ 88-160. Новосибирск, 1988.
2. *Неханевич Э.Л., Яснев М.В.* Связные мультиплексоры системы ДОЗА: Препринт ИЯФ 90-5. Новосибирск, 1990.
3. *Неханевич Э.Л., Яснев М.В.* Система ОРТ — локальная сеть мини- и микроЭВМ: Препринт ИЯФ 88-112. Новосибирск, 1988.

Рукопись поступила 25.10.93