

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им. Г.И.Будкера СО РАН

Э.Л. Неханевич

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ  
ДАННЫХ ДОЗА В УСЛОВИЯХ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

ИЯФ 2002-61

Новосибирск  
2002

## **Применение системы передачи данных ДОЗА в условиях промышленного производства**

*Э.Л. Неханевич*

Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН  
630090, Новосибирск, Россия

### **Аннотация**

Описывается система передачи данных ДОЗА, предназначенная для применения в распределенных измерительных системах (системах контроля и управления). Устройства, выполненные в соответствии со спецификациями системы ДОЗА, эксплуатировались в различных установках, а в последнее время применяются в экспериментальном производстве ИЯФ для систем связи персональных компьютеров со станками, оборудованными устройствами ЧПУ. Система ДОЗА не уступает по своим возможностям известным промышленным стандартам на полевые шины **fieldbus**.

## **Application of System of Data Transmission the DOZE in Conditions of Industrial Production**

*E.L. Nekchanevich*

Budker Institute of Nuclear Physics, SB RAS  
630090 Novosibirsk, RF

### **Abstract**

The system of transfer of the data the DOZA intended for application in allocated measuring systems (monitoring and control systems) is described. The devices executed according to the specifications system a DOZA, were maintained in various installations, and recently are applied in experimental manufacture INP to systems of communication of personal computers with machine tools equipped devices CNC. The system a DOZA does not concede by the opportunities to the known industrial standards **fieldbus**.

©Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН

## Применение системы передачи данных ДОЗА в условиях промышленного производства

К аппаратуре связи в **измерительных системах** (системах контроля и управления) предъявляется целый ряд требований по *скорости* передачи и *длине* линий связи, *помехоустойчивости* и *надежности*, простоте *реализации* и удобству *эксплуатации*. В условиях промышленного производства следует учитывать специфику условий работы: разнесенность объектов, повышенный уровень помех, быстрая реакция на запрос обслуживания, а также возможность модификации без отключения системы. Эти обстоятельства привели к появлению ряда **специализированных** разработок – так называемых полевых шин fieldbus, в большей или меньшей мере отвечающих перечисленным требованиям. Но даже **специализированная** система должна обеспечить такие качества аппаратуры связи измерительных систем: **универсальность**, как возможность применения в широкой номенклатуре устройств, и **унификация** аппаратуры, как безусловная совместимость и взаимозаменяемость устройств, выполненных в соответствии с принятым стандартом. Последнее качество, как ни странно, присуще далеко не всем промышленным стандартам.

*Стандарт RS-232 или, точнее, EIA/TIA-232-E определяет “Интерфейс для связи терминального оборудования (DTE) и связанного оборудования (DCE) посредством последовательной передачи бит” [1]. Сигналы этого интерфейса не обладают полной “симметрией”. Имеется в виду неполное соответствие входных и выходных служебных сигналов, вследствие чего два устройства DTE, полностью отвечающие требованиям стандарта, и работающие по отдельности с устройством DCE, не могут работать при непосредственном соединении друг с другом. Т.к. такое соединение часто необходимо, производители периферии для персональных компьютеров (ПК) несколько подправляют стандарт, трактуя использование служебных сигналов так, как это удобно для решения конкретных задач.*

*Интерфейс СОМ-порта ПК, выполненный в точном соответствии с требованиями стандарта EIA/TIA-232-E, ни надежностью, ни скоростью передачи не соответствует современным средствам контроля и управления. Этот стандарт удобен тем, что не предъявляет специфических требований к кабелю и к согласованию с ним приемных и передающих усилителей. Согласно стандарту обеспечивается защита от короткого замыкания линии (и только). Стандартом определены уровни сигналов в линии связи, а также тип, назначение и условия взаимодействия информационных и управляющих сигналов (то, что называется протоколами физического и линейного уровня). В качестве дополнения к стандарту определяются типы разъемов и распайка соединительных кабелей для конкретных применений. Все это обеспечивает относительную совместимость устройств, выпускаемых разными фирмами.*

В отличие от EIA/TIA-232-E стандарты RS-422, RS-423, RS-485 являются "рекомендованными стандартами" (Recommended Standard) [1] и определяют требования только к линии связи и приемопередающим элементам (физический уровень). Эти стандарты обеспечивают значительно более высокие скорости передачи. Наиболее просто стандарты RS-422 и RS-485 реализуются в виде устройств-конвертеров сигналов COM-порта ПК, которые позволяют передавать данные со скоростью, максимальной для этого порта (115200 бод, т.е. всего около 10 КБайт/с), но во многих случаях недостаточной, по крайней мере, значительно меньше той, которая может быть реализована программным обеспечением и шинами расширения ПК (ISA, PCI). Но самое необъяснимое – в этих стандартах не сформулированы требования к потенциальной развязке с кабелем связи, поэтому в промышленных образцах потенциальная развязка нередко отсутствует или выполнена не лучшим и не самым простым способом [2], т.к. требует развязанного источника питания и наличия элементов защиты линейных усилителей от статического электричества.

Еще д-р Н.Schumpp (Германия) на 7-м Международном симпозиуме ИМЕКО ТС4 (Прага, сентябрь 1995г.) отмечал, что несмотря на множество стандартов, созданных на национальном, общеевропейском и международном уровне для условий производства, комплексного управления и сложных экспериментов, не существует ни одного приемлемого **унифицированного** стандарта. За прошедшие годы ситуация не изменилась. В работе [1] перечислены 23 (**двадцать три!**) промышленных стандарта (в том числе CAN-шина, о которой – ниже) на так называемые полевые шины fieldbus, выполненные в соответствии с рекомендациями RS-485.

**Изобилие стандартов означает не свободу выбора, а отсутствие оптимального варианта.** В пресс-релизе компании «РТСофт» [3] отмечается, что в Международной электротехнической комиссии (МЭК) процесс по выработке стандарта на промышленную сеть fieldbus тянется уже 14 лет в 1999г. компромиссное решение лишь намечалось. В работе [4] воспеваются CAN-шина, там же описывается 4 наиболее распространенные реализации CAN-протоколов, но отмечается, что к 1999г. CAN-протоколов "было известно уже **более четырех десятков**". Из-за стремления увеличить сбыт продукции производители стараются всеми способами расширить область применения своих изделий и оттеснить конкурентов, в связи с чем функционирование аппаратуры настолько усложняется, что **технические описания превращаются в многотомные издания с массой поправок.**

Таким образом, **ссылка на стандарт RS-485 вовсе не дает гарантии совместимости продукции разных фирм.** Пользователь становится заложником той фирмы, у которой сделана первая покупка комплекта аппаратуры, тем более, что отсутствие технической документации [2] не дает возможности разобраться в принципах работы настолько, чтобы выпускать недостающее оборудование самому пользователю. Это – не в интересах фирмы-производителя. Если же фирма-производитель прекращает свое существование или поглощается фирмой-конкурентом, то пользователю остается удовлетворяться тем, что его аппаратура выполнена в соответствии с международным стандартом.

Выбор среды передачи является, первой, хотя и не главной, проблемой при разработке системы передачи данных для промышленного производства. Практически все **специализированные** системы передачи и локальные вычислительные сети первого поколения были ориентированы на применение коаксиального кабеля. Переход на более дешевые и компактные витые пары сдерживался из-за неопределенности характеристик (в области частот до десятка МГц) многопарных низкочастотных телефонных кабелей, наиболее доступных для широкого использования. Быстрое развитие индустрии локальных сетей ПК с появлением новых стандартов на кабели связи решило вопрос использования витой пары при повышенном уровне электрических помех. Конечно, оптоволоконные кабели решают проблему, однако и в настоящее время этот тип линии связи остается экзотикой, требует для прокладки, контроля и ремонта специального оборудования, тогда как витая пара, доступная для паяльника и примитивного устройства прозвонки, представляется более рациональным вариантом.

Система связи ДОЗА разрабатывалась прежде всего для радиального подключения внешних устройств к микроЭВМ Электроника 60, а также для организации локальных сетей этих микроЭВМ. Накопленный опыт по реализации и эксплуатации этой системы в локальной сети, а также в некоторых системах контроля и управления на физических установках позволил сделать вывод о высокой надежности и помехоустойчивости элементов системы. Для оценки потенциальных возможностей интерфейса обычно применяется довольно неопределенный термин **гибкость**. Разнообразные применения устройств системы ДОЗА, обусловлены наличием специфических служебных сигналов: *команда*, *ответ* и *запрос* и обеспечивают, в частности, сравнительно простое преобразование (конвертирование) известных интерфейсов, таких как СОМ-порт и LPT-порт персонального компьютера, интерфейсы принтеров, пультовых терминалов и другой периферии и даже достаточно сложных интерфейсов типа КАМАК и приборного интерфейса, известного также как IEC-BUS. С помощью интерфейса ДОЗА реализована также интерпретация шины ISA. Для организации магистрального соединения с количеством узлов до 8 разработано специальное устройство – репитер. Для того, чтобы начать работы по модернизации систем УЧПУ станочного парка экспериментального производства Института ядерной физики, необходим был выбор системы связи, и выбор системы ДОЗА был вполне обоснован, тем более, что применение для этой цели разработки мировых производителей не представлялось возможным.

Связные интерфейсные платы системы ДОЗА предназначены для побайтного обмена информацией по витым парам (в том числе, по телефонному кабелю) между ЭВМ и устройствами, оснащенными соответствующими интерфейсами, а также для организации **распределенных измерительных систем** с радиальной структурой (соединение "точка-точка"). Формат отдельного байта соответствует старт-стопной организации, принятой в стандарте RS-232 (Рис.1): за стартовым битом (единичный такт) следуют 8 информационных и один *командный* бит; стоповая пауза завершает передачу. Приемопередатчики обеспечивают согласование с линией связи, как это оговаривается в рекомендациях RS-422 и RS-485. Согласованность приемопередатчиков с линией связи позволяет передавать данные по витой паре длиной до 75 м со скоростью более 200 КБайт/с или со скоростью около 40 КБайт/с при длине линии до 600 м.

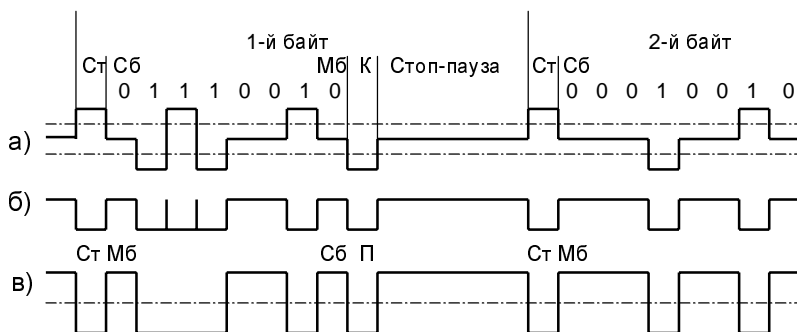


Рис.1. Формат кадра в системе ДОЗА (а – в линии связи, б – на выходе приемника) и RS-232 (в). Сигнал *ответ* условно не показан.

Ст – стартовый импульс, К – признак команда/данные, П – контрольный бит, Сб – старший бит, Мб – младший бит.

----- порог чувствительности приемного усилителя.

#### Краткое описание системы ДОЗА

Линия связи содержит два взаимно симметричных и практически независимых канала – передающий и приемный. К передающему каналу подключается с одной стороны **источник**, который содержит передатчик *данных* и приемник служебного сигнала *ответ*, с другой – **приемник**, состоящий из приемника *данных* и передатчика служебного сигнала. Приемный канал аналогичен передающему, но имеет обратную направленность. Для потенциальной развязки линии связи применяют малогабаритные импульсные трансформаторы, поэтому для исключения постоянной составляющей из двоичной последовательности

передаваемых кодов применяется модуляция сигнала: стартовый бит и единичные биты передаются импульсами чередующейся полярности, а нулевые биты – пробелами (так называемый код ЧПИ, применяемый в ИКМ-телефонии). Таким образом, по линии связи передается трехуровневый сигнал, для фиксации которого необходим двухпороговый приемный усилитель, однако использование в разделительном трансформаторе обмотки со средней точкой (Рис.5) позволяет легко преобразовать сигнал, что позволяет применять простой однопороговый приемник, выполненный на базе ИС широкого применения.

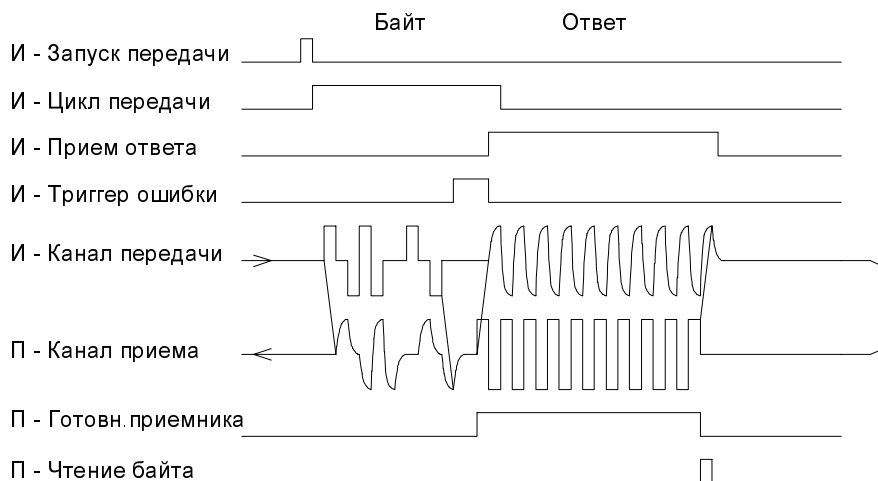


Рис.2. Внутренние и внешние сигналы интерфейса ДОЗА:  
И - со стороны источника, П - со стороны приемника.

**Источник** передает в линию связи байт (Рис.1 и 2), сопровождаемый признаком *команда/данные* (9-й бит), и ожидает сигнал *ответ*, который передается по тому же каналу, но в обратном направлении. На Рис.2 выходные сигналы в канале связи условно показаны неискаженными, а входные сигналы сглаженными – за счет потерь в линии связи. Сигнал *ответ* является непрерывным и выставляется **приемником** по окончании приема байта, а снимается при считывании содержимого приемного регистра. В **источнике** признак *готовности источника* взводится только после того, как закончится цикл передачи и снимется сигнал *ответ*. Если в течение времени ожидания, которое ограничено 4-мя тактами, сигнал *ответ* не поступал, то в регистре

состояния **источника** вместе с признаком готовности считывается признак **ошибки источника**. **Источник** вместо байта может выдать в линию связи сигнал **запрос**, который имеет непрерывный характер и взводит в **приемнике** одновременно с признаком **готовности приемника** признак **запроса**. Сигнал **запрос** может выдаваться в линию только при наличии **готовности источника** и отсутствии **готовности приемника**. Абонент, принимающий сигнал **запрос**, может сбросить его выдачей любого байта в передающий канал. Эта возможность не позволяет считать каналы полностью независимыми, но зато предотвращает состояние "клинча", когда в приемном канале стоял бы **запрос**, а в передающем - **ответ**. Таким образом, для передачи информационного и двух служебных сигналов (ДОЗА = Данные + Ответ + Запрос), а также признака **команда/данные** требуется всего одна витая пара: используется временное разделение сигналов. Наличие непрерывных служебных сигналов, а также 9-й бит – признак **команды**, позволяют значительно упростить протокол обмена, реализовать его с помощью простейшей схематехнической логики, а также уложить описание системы в несколько страниц текста, что также немаловажно в условиях, когда аппаратура контроля и управления может разрабатываться различными пользователями системы.

Конкретная интерпретация программно-аппаратными протоколами признака **команда** не регламентирована, в межпроцессорном обмене этот признак используется для обрамления пересылаемых данных, что обеспечивает прозрачность по байтам. В аппаратуре контроля и управления признак **команда** идентифицирует передачу типа выполняемой операции (чтение/запись) и адреса регистра или устройства (см. ниже). Сигналы **запрос** и **ответ** не являются обязательными и при реализации простых устройств не поддерживаются, что должно обязательно оговариваться в спецификации на устройство, чтобы обеспечить адекватную программную или аппаратную реакцию, например, на отсутствие сигнала **ответ**.

#### Временные соотношения и параметры линии

Допустимая тактовая частота сигналов в линии связи зависит от длины кабеля. Обычно длительность единичного импульса (Т) выбирается равной 0,2 мкс или 1,6 мкс. При отсутствии сигнала **ответ** длительность цикла передачи **минимальна** и включает, начиная с заднего фронта импульса запуска передачи (Рис.2), начальную задержку (около 1Т), время передачи байта вместе со стартовым импульсом и признаком **команды** (10Т), задержку на установку триггера **ошибка**



**источника** ( $1T$ ) и ожидание сигнала *ответ* ( $4T$ ) – всего около  $16T$ , т.е.  $3,2$  мкс или  $25,6$  мкс в зависимости от выбранной тактовой частоты. При наличии сигнала *ответ* признак **готовность источника** взводится примерно через  $2T$  после окончания сигнала *ответ*.

**Полный цикл** обмена кроме времени передачи и задержек в кабеле включает также время реакции обслуживающих программ как со стороны **приемника**, так и со стороны **источника**. С учетом аппаратной задержки выдачи сигнала *ответ* **приемником** около  $0,5 T$  и некоторым запасом по времени ожидания, компенсирующим неопределенность скорости распространения сигнала в кабеле, рекомендуется применять  $T = 0,2$  мкс для связи на расстоянии до  $75$  м, а  $T = 1,6$  мкс – до  $600$  м соответственно. Применение репитеров для организации магистрали приводит к увеличению длительности цикла передачи на  $0,25 \dots 0,5 T$  на каждый узел магистрали. В качестве линии связи применяются кабели с витыми парами, обладающие волновым сопротивлением около  $120$  Ом (в том числе телефонные кабели с диаметром жилы  $0,5$  мм и четырехжильный кабель марки КММ4х0,12). Амплитуда сигнала на выходе передатчика около  $2 V$ , а на входе приемника при максимальной длине линии связи – не менее  $1 V$  (Рис.3).

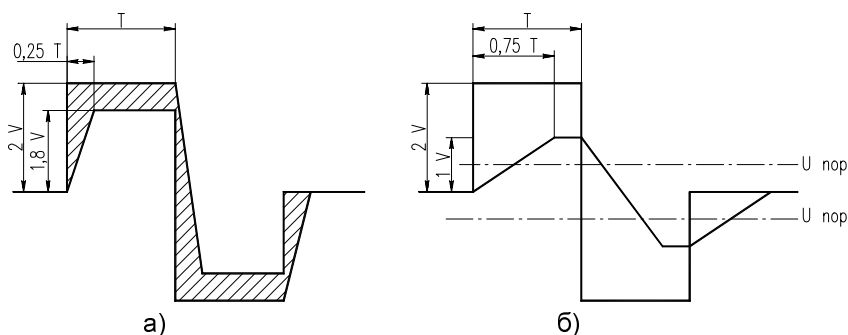


Рис.3. Допустимые области формы сигналов в линии связи:  
а) - на выходе передатчика, б) - на входе приемника.

$U$  пор. - порог чувствительности приемника при минимальном уровне сигнала.

#### Схема приемопередатчика

Важным свойством системы ДОЗА является возможность реализовать линейную часть без применения специализированных ИС, причем используется источник питания с одним номиналом  $+5В$ . В качестве передающих усилителей наиболее подходят ИС серии 531, т.к. в

линию связи выдается ток до 20 мА. Формирование двуполярного сигнала осуществляется сдвиговым регистром с элементом «Исключающее ИЛИ» в цепи обратной связи (Рис.4).

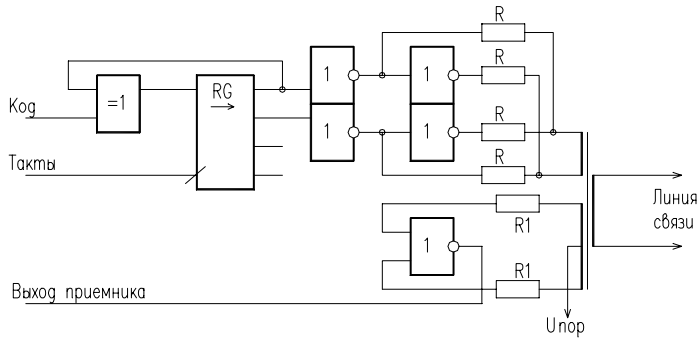


Рис.4. Схема приемопередатчика

Мостовая схема обеспечивает функцию аналогового суммирования и согласования с линией связи, для чего служат резисторы  $R$  величиной 82... 100 Ом. Эта схема обеспечивает практически одинаковое согласование приемопередатчика с линией связи как по входу, так и по выходу, причем как при передаче импульса, так и в паузе.

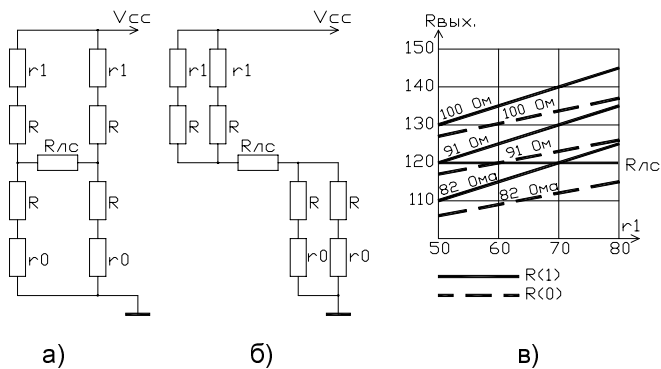


Рис.5. Расчетная схема передающего усилителя при передаче "0" – а) и "1" – б), в) – диаграмма зависимости  $R_{\text{вых}} = F(R, r_1)$

- $R$  – внешние согласующие резисторы,
- $r_0$  – внутреннее выходное сопротивление ИС в состоянии "0",
- $r_1$  – внутреннее выходное сопротивление ИС в состоянии "1",
- $R_{\text{лс}}$  – сопротивление нагрузки: волновое сопротивление линии связи,
- $R(1)$  – выходное сопротивление при передаче "1",
- $R(0)$  – выходное сопротивление при передаче "0".

На Рис.5 показаны эквивалентные схемы оконечных каскадов передатчика в состоянии "0" (линия обесточена) и в состоянии "1" (при передаче положительного или отрицательного импульса тока). На диаграмме показана зависимость выходного сопротивления мостовой схемы от выходного сопротивления ИС в состоянии "1" и внешних согласующих резисторов при передаче "0" и "1". Величину  $r_0$  можно считать постоянной и равной примерно 10 Ом. Из диаграммы следует, что мостовая схема обеспечивает 20%-ное согласование в довольно большом диапазоне изменений выходного сопротивления ИС и согласующих резисторов.

В качестве приемных усилителей применяются ИС 559ИП2, которые отличаются сравнительно высоким входным сопротивлением, что позволяет использовать на входе резисторы  $R_1=1,6$  кОм, ограничивающие входной ток при отрицательной полярности входного сигнала, а также (в совокупности с входной емкостью) играющие роль ВЧ-фильтра. Кроме того, как оказалось (было проверено на большом количестве экземпляров), логические элементы ИС 559ИП2 имеют порог входного сигнала около 1,9 В мало зависящий от температуры и напряжения питания. Небольшой гистерезис на входе также полезен. Проверена также работа приемопередатчиков, выполненных на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) фирмы Altera.

Для потенциальной развязки линии связи применяются малогабаритные импульсные трансформаторы серии ТИМ с соотношением обмоток 1:1:1:1 и индуктивностью обмотки порядка 4 мГн, что обеспечивает приемлемые искажения сигнала как при высокой, так и при низкой тактовой частоте. На среднюю точку приемной обмотки подается регулируемое смещение от 0,5 до 2,0 В. На предельных расстояниях и при наладке бывает полезно определить пороговые параметры линейного усилителя и "вилку" устойчивого приема.

#### Недостатки системы ДОЗА

Полное отсутствие недостатков присуще только совершенно неработоспособным устройствам – выставочным муляжам. Недостатком системы ДОЗА можно считать необходимость настройки порога чувствительности приемника, что является следствием применения трехуровневого сигнала. При изменении длины линии от 0 м до 600 м амплитуда сигнала уменьшается вдвое (Рис.3), что и приводит к необходимости регулировки порога. Однако, регулировка необходима лишь на предельных расстояниях. Для линии длиной до 300 м можно установить фиксированный порог 1,25 В.

Вторым недостатком системы ДОЗА, для преодоления которого и предназначена настоящая работа, является отсутствие международного, государственного или отраслевого стандарта, хотя, как показано выше, формат сигналов и параметры приемопередатчиков вписываются (с некоторыми допущениями) в международные стандарты передачи данных. Существует, правда, такое понятие, как стандарт предприятия. Однако оказалось, что в пределах Института трудно выбрать даже один из существующих стандартов, т.к. каждый самостоятельный разработчик аппаратуры имеет свой глубоко обоснованный взгляд на проблему передачи данных.

### Сигналы интерфейса ДОЗА

На Рис.6 показана структурная схема интерфейса системы ДОЗА, на которой показаны внутренние (программно доступные) и внешние (линейные) сигналы и функции интерфейса.

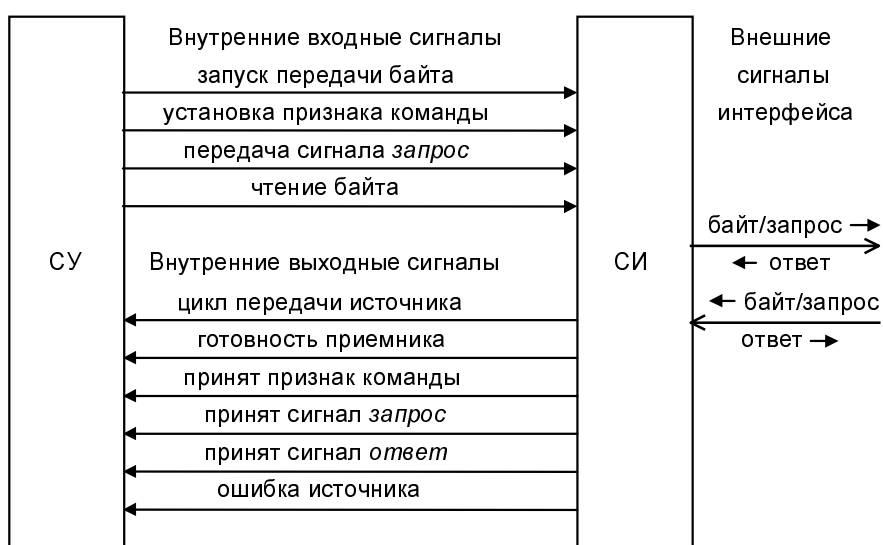


Рис.6. Структура интерфейса ДОЗА.  
СУ - схема управления, СИ - схема интерфейса.

## Аппаратно-программный протокол

Не пытайтесь конкурировать с многочисленными промышленными стандартами по глубине проработки всех аспектов применения, сформируем основные положения системы ДОЗА. Стандарты определяют правила взаимодействия систем:

*физический интерфейс* – среда передачи, сигналы линии связи;

*логическая организация* – типы сообщений и коды операций;

*функциональная организация* – тип и назначение устройств, входящих в систему.

В качестве *физического интерфейса* принята витая пара с волновым сопротивлением около 120 Ом и согласованные по волновому сопротивлению приемопередатчики старт-стопного кода ЧПИ с трансформаторной развязкой (Рис.5).

*Логическая организация* определяет 9-битовый формат с битом-признаком *команда/данные* и двумя служебными непрерывными сигналами – *запрос* и *ответ*. Как правило, используются два типа операций – **запись** и **чтение**.

*Функционально* устройства, подключаемые к линии связи, представляют из себя адресуемые регистры, для обращения к которым из ЭВМ посылается байт в формате команды, содержащий бит-признак **чтение/запись** (0 или 1 в старшем бите) и 7-разрядный логический адрес, что позволяет адресовать до 128 регистров (при одноуровневой адресации). После передачи из ЭВМ команды необходимо передать в адресованный регистр информационный байт в формате данных. Цикл **записи** выполняется сразу по окончании передачи байта данных. Последующие байты данных (по тому же адресу или в режиме инкремента адреса – зависит от конкретной аппаратной реализации) можно передавать без повторения команды **записи**. По команде с признаком **чтения**, цикл **чтения** выполняется сразу по окончании приема кода команды, и в ЭВМ передается байт данных, прочитанный по указанному адресу. Передача после этого байтов данных из ЭВМ приведет к выполнению циклов **записи** по тому же адресу. При такой *функциональной организации* на передачу одного адресованного байта затрачивается не более двух циклов передачи по линии связи.

Предложенная *функциональная организация* без изменений пригодна для описания работы распределенной системы как с радиальной, так и с магистральной организацией. При магистральной организации старшие биты адреса используются для адресации узла и его активизации, тем не менее, и независимо от этого обстоятельства, сквозная адресация к 128 регистрам одним байтом сохраняется.

## Общие свойства системы ДОЗА

Система ДОЗА отличается следующими особенностями и возможностями:

- соединение “точка-точка”, радиальная структура, наличие простых мультиплексоров линий связи для радиальной организации сети;
- возможность ретрансляции линейного сигнала, магистральная организация до 8 узлов с применением репитеров;
- потенциальная развязка линии связи импульсными трансформаторами с обеих сторон;
- применение дешевого кабеля (витые пары), минимум соединений – две витые пары для организации дуплекса, возможность “шлейфового” контроля линии связи;
- скорость передачи: 200 Кбайт/с при длине 75 м и 40 Кбайт/с при длине линии 600 м;
- код ЧПИ – относительная узкополосность энергетического спектра сигнала, возможность аппаратного контроля линейного сигнала по чередованию единичных импульсов, простые схемы модуляции и демодуляции;
- способ передачи – старт-стопный (асинхронный), непрерывный служебный сигнал *ответ*;
- 9-битовый формат с признаком *команда*, прозрачность по байтам;
- возможность передачи непрерывного служебного сигнала *запрос*;
- простота связанного протокола, обеспеченная наличием признака *команда* и непрерывных служебных сигналов;
- симметричность сигналов – идентичность цепей входа/выхода;
- симметричность кабеля – идентичность распайки разъемов;
- отсутствие чувствительности к полярности сигнала – свободная распайка пары в разьеме;
- применение в качестве передающих и приемных элементов цифровых ИС ТТЛ-серий широкого применения, необходимость только одного источника питания +5 В;
- приемопередатчик, разработанный на основе программируемой логической ИС (ПЛИС) фирмы Altera, не отличается по надежности и удобству применения от специализированных БИС последовательных интерфейсов;
- низкая амплитуда сигнала в линии связи (около 2 В), сбалансированность линии – минимум наводимых помех;
- обрыв и короткое замыкание линии связи не приводят к повреждению передающих элементов;
- наличие конверторов (преобразователей) ДОЗА – шина ISA, ДОЗА – COM-порт, ДОЗА – LPT-порт ДОЗА – IEC-BUS и др.

О помехах достоверно известно только то, что они есть. Но можно определенно утверждать, что основными источниками неприятностей в многокомпонентных измерительных системах являются: во-первых, разность потенциалов между корпусами приборов [6], а во-вторых – электростатика [7]. Кроме того, специфическими видами помех в кабелях связи являются: взаимное влияние линий и искажения сигнала из-за отражений в линии связи.

Обычно рассматриваются пять способов борьбы с помехами [7]: *заземление, экранирование, фильтрация, изоляция и балансировка*. К этому перечислению необходимо добавить *согласование* приемопередатчиков с линией связи. В системе ДОЗА в большей или меньшей степени нашли применение все перечисленные способы защиты от помех. Основным способом следует считать *изоляцию*, т.е. потенциальную развязку, которая в системе ДОЗА выполнена с помощью импульсных трансформаторов. Такая развязка полностью защищает от возникновения на корпусе прибора значительного напряжения (вплоть до сетевого) при нарушении заземления или от переходных процессов при включении/выключении сетевого напряжения, а также существенно ослабляет влияние электростатики и наводки на кабель при аварийных пробоях в высоковольтных элементах установок.

Кроме того, импульсные трансформаторы в сочетании с витой парой обеспечивают *сбалансированность* линии относительно “земли”, причем нет необходимости применять специальные дифференциальные приемные и передающие усилители, которые, к тому же, как правило, требуют двуполярного питания. Приемопередатчики системы ДОЗА обеспечивают хорошее *согласование* с линией связи, причем имеется в виду не столько равенство нагрузки волновому сопротивлению (достаточна точность 20-30%), сколько во-первых: согласование линии с обеих сторон [8], а во-вторых: согласование с линией связи передатчика и в активном (при передаче “единиц”), и в пассивном (при передаче “нулей”) состоянии. Следует обратить внимание на ошибочность распространенного убеждения, что хорошее согласование только со стороны приемника обеспечивает вполне достаточную защиту от отражений. Так же необоснованно применение в качестве передатчиков логических ключей с малым выходным сопротивлением или токовых ключей без соответствующих согласующих резисторов.

## Литература

1. *Булгаков И.* Старый друг лучше новых двух. Компьютер-пресс, №1, 1998.
2. *Локотков А.* Интерфейсы последовательной передачи данных. Стандарты RS-422A/RS-485. – СТА, №3, 1997.
3. *Пресс-релиз:* Вокруг международного стандарта МЭК на промышленную сеть (fieldbus). Приборы и системы управления, №8, 1999.
4. *Щербаков А.* Сеть CAN: Популярные прикладные протоколы. – CHIP NEWS, №5(38), 1999.
5. *Новиков Ю.В., Калашников О.А., Гуляев С.Э.* Разработка устройств сопряжения. – М.: ЭКОМ, 1997.
6. *Гук М.* Интерфейсы ПК. – Санкт-Петербург: Питер, 1999.
7. *Landsness C.J.* The Electronics Interface for the Hewlett-Packard Interface Loop. – Hewlett-Packard Journal, January 1983.
8. *Андреев В.А.* Временные характеристики кабельных линий связи. – М.: Радио и связь, 1986.