

УДК 004.724

А.Э. КАЛМУХЯН

**СИСТЕМА ВВОДА-ВЫВОДА МЕЖСЕТЕВОГО ШЛЮЗА РЕАЛЬНОГО
ВРЕМЕНИ**

Рассматриваются основные положения выбора оптимального механизма системы ввода-вывода данных межсетевого шлюза реального времени, реализованного в аппаратно-программном комплексе (АПК) TDS128, предназначенного для построения телеграфных коммутационных станций на современной элементной базе и с применением протоколов сетей передачи данных.

Ключевые слова: межсетевого шлюз, ввод-вывод данных, мультиплексор, телеграфные сети, сети передачи данных, системы реального времени, интегральные сети.

Целью разработки аппаратно-программного комплекса TDS128 (далее – **TDS128**) является создание платформы, позволяющей строить многоканальные коммуникационные системы для замены электромеханических станций и подстанций сети Телекс/АТ50 и обеспечивающей интеграцию абонентов Телекс/АТ50 в сети передачи данных. Одновременное взаимодействие с телеграфными сетями и сетями передачи данных требует реализации в TDS128 стандартов сигнализации и телеграфных сетей, и сетей передачи данных, обеспечения их совместимости на этапе взаимодействия. Спецификой ситуации с указанной комбинацией стандартов сигнализации является тот факт, что система телеграфной сигнализации исторически ориентирована на реализацию с помощью электромеханических устройств, в то время как система сигнализации сети передачи данных основана на цифровых технологиях и ориентирована на применение программных реализаций. Необходимость совмещать и согласовывать две разнородные системы сигнализации является первой особенностью данной разработки.

Другой особенностью АПК TDS128 является масштабируемость, способность построения систем коммутации различной канальной емкости. Эта способность достигнута за счет применения “двумерной” модульности. Каждый модуль TDS128 может иметь емкость от 8 до 128 точек подключения с шагом по 8. Модули, в свою очередь, могут объединяться в комплексы большей емкости, используя каналы передачи данных X.25[1] или TCP/IP[2]. Спо-

способность объединения через сети передачи данных позволяет создавать территориально распределенную коммутационную среду, исключаящую применение аппаратуры телеграфного уплотнения телефонного канала.

Принципиальным различием сети Телекс/AT50 от сетей передачи данных являются применяемые методы коммутации. Сеть Телекс/AT50[3] основана на методе коммутации каналов, который позволяет вести “живой” диалог между абонентами сети. Сети передачи данных основаны на методе пакетной коммутации, предполагающей некое промежуточное накопление, буферизацию данных перед передачей по каналу связи. Непосредственное применение метода пакетной коммутации на телеграфных соединениях в отдельных случаях может приводить к сбоям и нарушениям связи, а также, учитывая различие в принципах тарификации, к повышению стоимости услуг, что противоречит целям создания АПК TDS128.

Комплекс TDS128 построен на базе индустриального компьютера с расширенным пулом портов последовательного асинхронного ввода-вывода. Для формирования расширенного пула последовательных портов используется индустриальный модульный мультиплексор [4,5]. Каждый порт мультиплексора совместим с контроллером 16C550C, который реализует функции последовательного асинхронного интерфейса RS232, имеет возможность программного управления скоростью передачи/приема, форматом передаваемого символа, буферизацией потока, цепями управления модемом и т.д. Максимальное количество организуемых портов в модуле TDS128 равно 128. Для сопряжения с сетями передачи данных в состав комплекса включены сетевой интерфейс Ethernet и специализированный контроллер синхронных портов для сопряжения через синхронный модем с сетью X.25, работа с которыми в данной статье не рассматривается. Сопряжение мультиплексора с телеграфными каналами осуществляется через специализированное устройство сопряжения TMD32 (STCON Ltd. ©), в котором реализовано 32 независимых четырехпроводных телеграфных модема со стыком C1-ТГ. В модемах, кроме основной функции по преобразованию сигналов, реализована схема диагностики линии и инвертирования сигналов.

Упрощенная блок-схема аппаратуры TDS-128 приведена на рис.1.

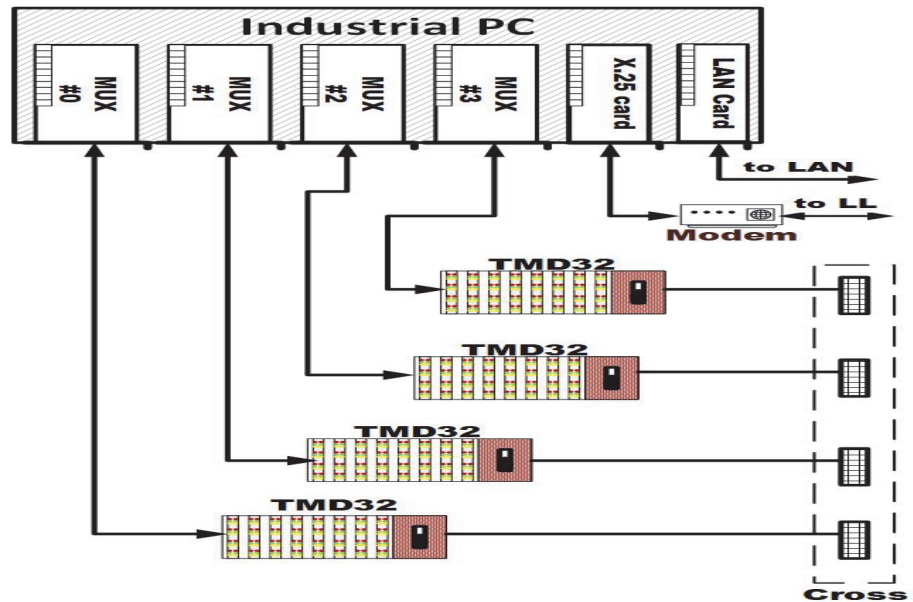


Рис.1. Блок-схема TDS128

Задача реализации стандартов телеграфной сигнализации в АПК TDS128 возложена на систему ввода-вывода, которая является основой комплекса. Базовым типом подключаемых каналов является коммутируемый четырехпроводный дуплексный телеграфный канал со скоростями передачи 50, 100, 200 и 300 Бод.

Телеграфная сигнализация предусматривает использование большого количества контрольных временных интервалов в диапазоне от нескольких миллисекунд до десятков секунд с достаточно высокой точностью - до 5%. В электромеханических станциях для реализации и обслуживания линейной сигнализации применяются специализированные аппаратные блоки на базе электромеханических коммутационных устройств (различные реле, шаговые искатели, координатные соединители и т.д.). Такие блоки предусмотрены для каждого подключенного канала, что увеличивает объем оборудования, энергопотребление, уровень шума и т.д. В АПК TDS128 все функции упомянутых блоков реализованы на основе аппаратно-программной триады – модема, контроллера RS232 и программного обеспечения.

Для оптимального распределения функций между элементами системы ввода-вывода необходимо рассмотреть различные этапы взаимодействия АПК с абонентскими установками и другими станциями в сети. В системах с

коммутацией каналов для обмена данными между абонентами требуется установление соединения между ними. Этот процесс имеет несколько стадий. Список основных стадий приведен ниже:

- покой,
- вызов,
- набор номера,
- установление соединения,
- идентификация абонентов,
- обмен данными,
- завершение соединения.

Для каждой стадии необходимо идентифицировать факт нахождения в ней и реализовать необходимые процедуры с соблюдением всех временных ограничений. Для каждой стадии система ввода-вывода каждого канала должна находиться в строго определенном режиме, оптимальном для данной стадии.

В этих условиях к системе ввода-вывода предъявляются ряд довольно строгих требований, например:

- отсутствие потерь символов и сигналов на приеме и передаче;
- обеспечение минимального объема очередей на передаче;
- оперативное программное управление длиной символа, числом стоп-битов и скоростью;
- исправляющая способность приемника не менее 45%;
- возможность организации потока символов на передаче с минимальным интервалом между символами (блочная передача) и т.д.

Для выполнения требований, предъявляемых к системе ввода-вывода, выбран комбинированный подход к реализации системы. Часть функций, критичных ко времени реализации и связанных со сборкой/разборкой символов, анализом состояния линии и управлением режимом инверсии, вынесена на аппаратный уровень, т.е. реализована в модеме TMD32. На программном уровне реализуются функции, менее критичные ко времени реализации, такие как организация и обслуживание очередей, формирование символьных блоков, реализующих заданный образ выходного сигнала, перекодировка символов и пр.

Дополнительные требования по оптимизации вносит многоканальность системы ввода-вывода. Реализация всех требуемых процедур для одного или двух каналов связи не требует проведения оптимизационных мероприятий. Однако система, обслуживающая 128 каналов, работающих на разных скоростях, находящихся на разных стадиях и в разных состояниях, очевидно,

требует применения оптимизированных методов обслуживания. Для наглядности рассмотрим типовую операцию “прием символа с линии в АПК TDS128”.

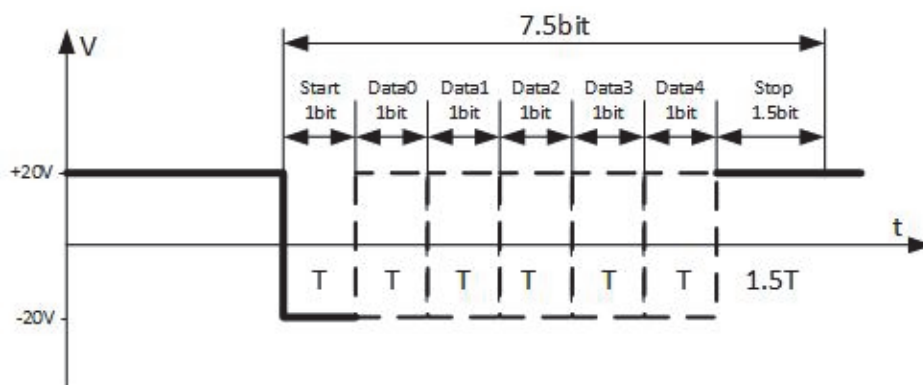


Рис.2. Временная диаграмма единичного знака МТК-2 на линии

Стандартной скоростью передачи, применяемой в международной сети Телекс, является 50 Бод (бит/с). Применяемый международный телеграфный код ПА2 (МТК-2) предполагает передачу текста знаками в формате, который приведен на рис.2. Из рисунка следует, что каждый передаваемый знак, кроме 5-битного кода символа, содержит служебные биты – СТАРТ и СТОП. В результате общая длина каждого передаваемого в линию символа составляет 7,5 бит. Временные параметры и символьная скорость для возможных скоростей передачи приведены в табл.1.

Таблица 1

Параметры телеграфных знаков на применяемых скоростях

Скорость, Бод	Длительность посылки, мс	Длительность знака, мс	Число знаков в секунду	Lim (1/128), мс
50	20	150	6,66	1,172
100	10	75	13,33	0,586
200	5	37,5	26,66	0,293
300	3,33	25	40	0,195

Прием символа с линии производится контроллером интерфейса RS232 мультиплексора С320Т сначала во внутренний регистр сдвига, затем символ передается в буфер приема. Передача символа в буфер сопровождается выставлением флага наличия принятого символа, что, в свою очередь, порождает сигнал требования прерывания основной программы. Целью выработки этого

прерывания является требование считывания принятого символа из буфера приема для последующего освобождения буфера. При слитном потоке символов на приеме время ожидания считывания принятого символа программой ограничено длительностью следующего символа, т.к. несчитанный символ будет потерян, “затерт” следующим поступившим символом.

Рассмотрим временные ограничения в этом сценарии для случая, когда канал работает на скорости 50 Бод. Длительность символа в этом случае составляет 150 мс, т.е. за это время центральный процессор должен успеть:

- зарегистрировать факт наличия требования прерывания (T0);
- прервать выполнение основной программы с сохранением всех регистров в стеке (T1);
- переключиться на подпрограмму обработки прерывания (ПОП) (T2);
- ПОП должна определить источник прерывания (T3);
- считать данные и сохранить в памяти (T4);
- выставить флаг необработанного символа для фоновых программ (T5);
- завершить ПОП и выйти из обработки прерывания (T6).

Итоговое время обработки одного символа, принятого с линии, будет равно сумме длительностей перечисленных процедур:

$$TТ = T0 + T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6.$$

Стендовые испытания с применением различных программных сред и на различных процессорах показали, что величина ТТ составляет от 0,1 до нескольких миллисекунд на каждое прерывание, что, очевидно, более чем достаточно для реализации приема без потерь на одном канале.

Таблица 2

Расчет временных затрат и лимита времени обслуживания

	1		32		64		128	
	затраты	лимит	затраты	лимит	затраты	лимит	затраты	лимит
50	0,666	150,000	21,312	4,688	42,624	2,344	85,248	1,172
100	1,333	75,000	42,656	2,344	85,312	1,172	170,624	0,586
200	2,666	37,500	85,312	1,172	170,624	0,586	341,248	0,293
300	4,000	25,000	128,000	0,781	256,000	0,391	512,000	0,195

Однако, как видно из табл.2, если таких каналов 128 и все они работают на скоростях 300 Бод, то применение механизма прерываний, приведенного выше, не обеспечит выполнения требования отсутствия потерь на приеме,

поскольку в этом случае время обслуживания, доступное для обработки для каждого канала, составит

$$T = 25/128 = 0,195 \text{ мс/канал},$$

при этом необходимое для обслуживания время составляет 512 мс.

Приведенный расчет сделан для маловероятной экстремальной ситуации, но все же эта ситуация возможна. По этой причине применение ввода-вывода данных посредством механизма прерываний в TDS128 ограничено каналом взаимодействия с консолью управления. Для обслуживания каналов связи выбрано решение, основанное на применении высокоприоритетного потока, получающего процессор в монопольное использование (с запретом всех прерываний) в начале каждого цикла опроса очередей диспетчером программ в системе. В потоке реализуется механизм программного опроса контроллеров, и в результате - итоговое время обслуживания всех мультиплексоров для процессора типа INTEL Pentium, 200 МГц составляет максимум 20 мкс.

Телеграфная сигнализация требует строгого соблюдения временных ограничений на различных стадиях соединения. Одним из них является ограниченное время ответа (<2 с) на запрос идентификатора абонентской установки "Кто там?". Подобный запрос может поступить от любого из участников сеанса в произвольный момент установленного соединения, а отсутствие ответа на этот запрос в предусмотренный стандартом отрезок времени квалифицируется как разрыв связи и приводит к разрушению соединения. Приведенное обстоятельство служит основанием для применения еще одной оптимизации – отказа от популярной в среде сетей передачи данных функции аппаратной буферизации на уровне контроллера RS232, что позволяет оперативно обнаруживать и реагировать на возникновение подобной ситуации.

Заключение. Для использования АПК TDS128 в качестве телеграфной станции коммутации каналов с интеграцией абонентов в сети передачи данных в системе ввода-вывода комплекса применены следующие меры оптимизации:

- оптимизировано распределение функций системы ввода-вывода между программным и аппаратным уровнями комплекса;
- операция считывания/записи данных с портами мультиплексора производится в режиме высокоприоритетного потока программного опроса вместо использования аппаратного прерывания основной программы;
- отключена аппаратная буферизация на уровне контроллера RS232.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дэвис Д., Барбер Д., Прайс У., Соломонодес С. Вычислительные сети и сетевые протоколы/ Пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — 562 с.
2. ТСР/ІР. Иллюстрированный учебник: Пер. с англ. — М.: ДМК Пресс, 2001. — 480с.
3. МККТТ Красная книга, том VII — выпуск VII.2, ТЕЛЕГРАФНАЯ КОММУТАЦИЯ, Рекомендации серии U, VIII ПЛЕНАРНАЯ АССАМБЛЕЯ, МАЛАГА-ТОРРЕМОЛИНОС, 8-19 ОКТЯБРЯ 1984 ГОДА
4. C320 Turbo/PCI User's Manual, Fourth Edition, July 2008, www.moxa.com/product, © 2008 Moxa Inc.
5. PCLS-802 PC-CommLIB, serial Communication Programming Library, ADVANTECH®, Printed in Taiwan, Dec., 1994

Ա.Է. ԿԱԼՄՈՒԽՅԱՆ

ԻՐԱԿԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿԻ ՄԻՋՑԱՆՑԱՅԻՆ ՇԼՅՈՒՂԻ ՄՈՒՏՔ-ԵԼՔ ՀԱՄԱԿԱՐԳ

Դիտարկվում են ժամանակից տարրերի և տվյալների հաղորդման արձանգրությունների հիման վրա հեռագրային փոխարկման կայանների կառուցման համար նախատեսված TDS128 ապարատա-ծրագրային համալիրի տվյալների մուտք-ելք համակարգի լավարկման հարցերը:

Առանցքային բաներ. տվյալների մուտք-ելք, մուլտիպլեքսոր, հեռագրական ցանցեր, տվյալների փոխանցման ցանցեր, իրական ժամանակի համակարգեր, ինտեգրված ցանցեր:

A.E. KALMUKHYAN

THE INTERNETWORK REAL-TIME GATEWAY I/O SYSTEM

The process of choosing an optimal mechanism for organizing the operation of the data input-output system in the TDS128 hardware-software complex intended for the design of telegraph switching stations, using modern element base and data transmission networks protocols is considered.

Keywords: data input-output, multiplexer, telegraph networks, data transmission networks, real-time systems, integrated networks.