А. Ю. КУЗЬМИНОВ

ИНТЕРФЕЙС RS232

СВЯЗЬ МЕЖДУ КОМПЬЮТЕРОМ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРОМ

ОТ DOS К WINDOWS98/XP



МОСКВА 2006

УДК **621.396.6**
ББК **32.872**
К89

Кузьминов А. Ю.
К89 Интерфейс RS232: Связь между компьютером и микроконтроллером: От DOS к WINDOWS98/XP . — М.: Издательский дом «ДМК-пресс», 2006. — 320 с.

ISBN 5-9706-0028-8

В книге отражены вопросы по аппаратным средствам и программному обеспечению сопряжения компьютера с современными 51-совместимыми микроконтроллерами — системами на кристалле (MSC12XX, ADUC8XX, P89LPC9XX, AT89C51ED2/RD2 и C8051F067/330). Приведены примеры применения новейших разработок ведущих фирм-производителей элементной базы, связанной с интерфейсом RS232 (новые преобразователи интерфейса, гальванические развязки и т. п.), в схемах связи компьютера с микроконтроллером. Рассмотрены схемные решения и программное обеспечение программирования в системе (In-System-Programming — ISP) современных микроконтроллеров по интерфейсу RS232. Предложен разработанный автором новый протокол обмена по интерфейсу RS232, использующий аппаратную синхронизацию с помощью линий данных и обладающий высокими надежностью и скоростью обмена (115 200 бод).

Показано преимущество применения прямых команд ввода/вывода (in и out) в COM-порт перед использованием API-функций при программировании интерфейса RS232 в ОС Windows98/XP. Даны рекомендации по последовательности действий, позволяющих применить прямые команды ввода/вывода в COM-порт в ОС Windows98/XP.

Книга снабжена большим количеством примеров по схемным решениям (приведены принципиальные схемы и фотографии макетных плат) и программному обеспечению для ОС DOS и Windows98/XP (приведены тексты программ).

Программы для микроконтроллеров написаны на ассемблере и C51(Keil, v.6.14), а для компьютера — на языке Кларион, являющемся одной из двух распространенных современных RAD-систем (вторая — Delphi), предназначенных для быстрой разработки приложений (Rapid Application Development — RAD).

Программы для компьютера, работающие в DOS, написаны на языке Кларион для DOS (Clarion V.3.100), работающие в Windows98/XP — на языке Кларион для Windows (Clarion V.6.0) и встроенному в него C++.

Описаны примеры использования RS232 в системах сбора и обработки информации с датчиков.

Книга предназначена для опытных разработчиков компьютерных и автономных систем сбора и обработки информации, в составе которых используются микроконтроллеры, а также начинающих специалистов в этой области; может быть полезна студентам вузов соответствующих специальностей.

ББК 32.872
УДК 621.396.6

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельца авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность наличия технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможный ущерб любого вида, связанный с применением или неприменимостью любых материалов данной книги.

ISBN 5-9706-0028-8 © Издательский дом «ДМК-пресс», 2006

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ....8

ВВЕДЕНИЕ....13

1. АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ИНТЕРФЕЙСА RS232....15

1.1. Предварительные замечания....16

1.2. Новые преобразователи интерфейса RS232....16

1.2.1. Новые специализированные микросхемы преобразователей интерфейса RS232....17

1.2.2. Нетрадиционные преобразователи интерфейса RS232....19

1.3. Примеры применения новых преобразователей для сопряжения микроконтроллеров с компьютером по интерфейсу RS232....21

1.3.1. Предварительные замечания....21

1.3.2. Управление состояниями микроконтроллера с помощью компьютера по интерфейсу RS232....27

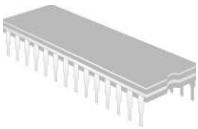
1.3.3. Схемы формирования сигналов RST и PSEN для микроконтроллеров семейств MSC12XX, ADUC8XX и AT8951ED2(RD2)....30

1.3.4. Схемы формирования сигналов RST и Vdd для микроконтроллеров семейств P89LPC9XX и C8051FXXX....31

1.3.5. Сопряжение микроконтроллеров семейства MSC12XX с компьютером....32

1.3.6. Сопряжение микроконтроллеров семейства ADUC8XX с компьютером....35

1.3.7. Сопряжение микроконтроллеров AT89C51ED2(RD2) с компьютером....37





1.3.8. Сопряжение микроконтроллеров семейств P89LPC9XX с компьютером 37

1.3.9. Сопряжение микроконтроллеров семейств C8051FXXX с компьютером 43

1.3.10. Кабель связи микроконтроллеров с компьютером 48

1.4. Гальванические развязки для интерфейса RS232 49

1.4.1. Простой гальванически изолированный интерфейс RS232 на базе микросхем развязки ADUM1201, преобразователя SN75155 и оптронов 51

1.4.2. Гальванически изолированный интерфейс RS232 на базе микросхем развязок ADUM1201, ADUM1200 и преобразователей ADM3202 и MAX3181 54

1.4.3. Гальванически изолированный интерфейс RS232 на базе микросхем развязок ADUM1201, ADUM1200 и преобразователя MAX1406 57

1.4.4. Гальванически изолированный интерфейс RS232 на базе микросхем развязок ADUM1201, ADUM1200 и преобразователей MAX3190 и MAX3181 58

1.4.4.1. Плата гальванически изолированного интерфейса на базе развязок ADUM1201, ADUM1200, MAX3181 и MAX3190 для микроконтроллеров семейств MSC12XX, ADUC8XX и AT89C51ED2/RD2 58

1.4.4.2. Плата гальванически изолированного интерфейса на базе развязок ADUM1201, ADUM1200, MAX3181, MAX3183 и MAX3190 для микроконтроллеров семейств P89LPC9XX 61

1.5. Что делать, если длина линии связи интерфейса RS232 превышает 20 м? 63

2. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ИНТЕРФЕЙСА RS232 67

2.1. Предварительные замечания 68

2.2. Формирование коротких машинно-независимых временных задержек 71

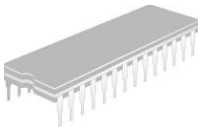
2.2.1. Общие положения 71

2.2.2. Программное формирование коротких аппаратно-независимых временных задержек в DOS 72

2.2.3. Программное формирование коротких аппаратно-независимых временных задержек в Windows 73

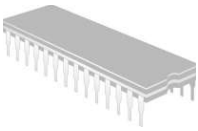
2.3. Применение совмещений в программах для микроконтроллера и компьютера 75

2.4. Использование нового алгоритма обмена информацией по RS232 между компьютером и микроконтроллером 83



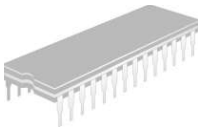


2.4.1. Суть нового алгоритма обмена 83
2.4.2. Подпрограммы передачи и приема байта для компьютера и микроконтроллера, использующие логику нового алгоритма обмена 89
2.4.3. Тестовые программы обмена информацией между микроконтроллером и компьютером по интерфейсу RS232, использующие логику нового алгоритма....91
2.4.3.1. Общие положения 91
2.4.3.2. Тестовая программа обмена для микроконтроллера MSC1210 92
2.4.3.3. Тестовая программа обмена для микроконтроллеров ADUC847/834 97
2.4.3.4. Тестовая программа обмена для микроконтроллеров AT89C51ED2(RD2) 101
2.4.3.5. Тестовая программа обмена для микроконтроллеров P89LPC938/904 106
2.4.3.6. Тестовая программа обмена для микроконтроллеров C8051F067/330D 113
2.4.3.7. Тестовая программа обмена для компьютера в ОС DOS 119
2.5. Программирование интерфейса RS232 в ОС Windows98/XP 125
2.5.1. Предварительные замечания 125
2.5.2. Варианты программирования интерфейса RS232 в Win'98/XP 127
2.5.3. Программирование интерфейса RS232 с помощью функций API 128
2.5.3.1. Тестовая программа обмена для компьютера, использующая функции API, в ОС Win'98/XP 133
2.5.4. Программирование интерфейса RS232 с помощью прямых команд ввода/вывода в COM-порт 143
2.5.4.1. Общие положения 143
2.5.4.2. Применение команд ввода/вывода порт в Clarion6.0 для Win'98/XP 144
2.5.4.3. Снятие запрета на применение команд ввода/вывода в порт для Win'XP 147
2.5.4.4. Открытие COM-порта для использования прямых команд ввода/вывода в Win'XP 150
2.5.4.5. Тестовая программа, использующая прямые команды ввода/вывода в COM-порт в ОС Win'98/XP 152





2.6. Применение интерфейса RS232 для программирования микроконтроллеров в системе (In_System_Programming) 161
2.6.1. Общие положения 161
2.6.2. Программирование микроконтроллеров MSC12XX в режиме ISP по интерфейсу RS232 162
2.6.3. Программирование микроконтроллеров ADUC8XX в режиме ISP по интерфейсу RS232 184
2.6.4. Программирование микроконтроллеров P89LPC9XX в режиме ISP по интерфейсу RS232 и в режиме ICP по интерфейсу C2 203
2.6.4.1. Предварительные замечания 203
2.6.4.2. Применение промежуточного микроконтроллера для осуществления режима ICP 204
2.6.4.3. Программирование микроконтроллеров P89LPC93X в режиме ISP 205
2.6.4.4. Программирование микроконтроллеров P89LPC9XX в режиме ICP 236
2.6.5. Программирование микроконтроллеров AT89C51ED2 (RD2) в режиме ISP по интерфейсу RS232 281
2.6.6. Программирование микроконтроллеров C8051F067 и C8051F330D в режиме ISP по интерфейсам C2 и JTAG и штатный режим работы по интерфейсу RS232 286
2.6.6.1. Программирование и штатный режим работы микроконтроллера C8051F067 287
2.6.6.2. Программирование и штатный режим работы микроконтроллера C8051F330D 294
Заключение 298
Список использованной литературы 299
ПРИЛОЖЕНИЯ
Приложение 1. Справочные данные по интерфейсу RS232 300
П.1.1. Контакты разъема интерфейса RS232 компьютера 300
П.1.2. Значения регистров состояния и управления в интерфейсе RS232 компьютера 300
Приложение 2. Удаленные компьютерные системы сбора и обработки информации, поступающей с датчиков аналоговых, частотных и дискретных сигналов на базе 51-совместимых однокристальных микроконтроллеров 304





П. 2.1. Удаленные компьютерные системы сбора и обработки информации, поступающей с датчиков аналоговых, частотных и дискретных сигналов на базе микроконтроллеров P80C552 и AT89C51 304

П. 2.1.1. Краткое описание 304

П. 2.1.2. Назначение и область использования 305

П. 2.1.3. Технические характеристики 305

П. 2.1.4. Технико-экономическая эффективность 306

П. 2.1.5. Сведения о документации 306

П. 2.1.6. Сведения о внедрении 306

П. 2.1.7. Внешний вид окон, открывающихся в процессе работы программы поверки счетчиков обьема газа (ОС DOS) 306

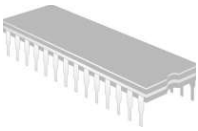
П. 2.1.8. Примеры работы базового комплекта программ систем сбора на базе микроконтроллера AT89C51 и АЦП ADS1210 в ОС Windows98/XP 310

П. 2.1.9. Фотографии систем сбора 311

П. 2.1.10. Новая система сбора (2005 г.) 316

П. 2.1.11. Новая разработка многоканальной системы сбора 318

Сведения об авторе 119



Предисловие

Со времени написания первой части книги (2003 год) [4] появилось много новшеств (как в аппаратном, так и программном отношениях), так или иначе связанных с интерфейсом RS232. Следуя традиции, принятой в первой части книги [4], настоящая книга условно делится на два раздела.

Первый раздел посвящен аппаратным средствам, связанным с интерфейсом RS232, второй — программному обеспечению для них.

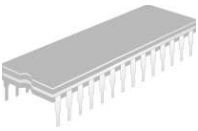
Из аппаратных средств следует выделить новые преобразователи интерфейса RS232, обладающие несомненными преимуществами (высокой скоростью обмена, малыми габаритами и потреблением энергии, а также достаточно низкой стоимостью) перед использующимися ранее, которые стали уже доступны в нашей стране, например MAX318X, MAX3190.

Кроме того, переход на 3-вольтовое питание, которое стало поддерживаться многими современными микроконтроллерами, позволил, с одной стороны, по-новому подойти к применению стандартных преобразователей интерфейса (например ADM231L), с другой — использовать давно забытые микросхемы преобразователей, например двунаправленный преобразователь SN75155 (корпус DIP8), который давно уже не используется, очень удобно применять в таких приложениях. Что касается нестандартных преобразователей интерфейса RS232, то в дополнение к уже описанным в первой части книги можно отнести новые КМОП-транзисторы с изолированным затвором p- и n-проводимости (например BS250, 2N7000 и др.), которые с успехом могут служить приемниками RS232, т. к. их затвор ($U_{зи}$ = ±20 В) без каких-либо дополнительных резисторов может непосредственно контактировать с выходными линиями RS232(±10 В).

Появление новых недорогих гальванически развязанных DC-DC-преобразователей (например +5 В в ±12 В), в которых значительно (в несколько раз) снижен шум, улучшена стабильность работы, уменьшены габариты, при их применении позволило улучшить надежность и уменьшить площадь на плате узлов гальванической развязки для RS232. Пример нового DC-DC-преобразователя — RSD0512 фирмы RECOM.

Из новых оптронов, использующихся в гальванических развязках, следует отметить оптроны К7010 и К7110 (ф. COSMO), которые отличает высокая скорость работы, малый ток включения, малое потребление энергии и встроенный стабилизатор питания, благодаря чему значительно улучшены надежность и скорость передачи (до 1 Мбод).

И, наконец, последнее новшество в гальванических развязках — появление новых уникальных микросхем гальванических развязок, использующих принцип передачи информации





посредством высокочастотного электромагнитного поля (*i*Coupler), разработанных фирмой Analog Devices (ADUM12XX). Эти развязки работают на повышенных скоростях обмена (от 0 ÷ 1 и вплоть до 25 Мбод), отличаются крошечными габаритами, низкой стоимостью и малым потреблением тока по сравнению с оптронами, что позволяет с успехом применять их в гальванически развязанном интерфейсе RS232.

В качестве примеров, реализующих использование вышеописанных преобразователей интерфейса RS232, в книге приведены аппаратные средства сопряжения современных микроконтроллеров ADUC8XX (ф. Analog Devices), MSC12XX (ф. Texas Instruments), P89LPC9XX (ф. Philips) и AT89C51ED2/RD2 с компьютером как для целей внутрисистемного программирования (In-System-Programming — ISP) по интерфейсу RS232, так и для штатного режима их работы. Штатный режим работы с интерфейсом RS232 обсужден также и для микроконтроллеров C8051F067/330 от ф. Silicon Laboratories.

Необходимо отметить, что аппаратные средства сопряжения микроконтроллеров ADUC8XX и MSC12XX с компьютером, приведенные в настоящей книге, значительно отличаются от тех, которые были описаны в первой части книги. Отличие состоит, с одной стороны, в применении более современной элементной базы, с другой — в большей ориентированности этих аппаратных средств на 3-вольтовое питание (хотя, конечно, при питании в 5 В они также работают). Что касается аппаратных средств для микроконтроллеров P89LPC9XX, AT89C51ED2/RD2 и C8051F067/330, то в 1-й части книги они отсутствовали потому, что в 2003 г. некоторые из этих микроконтроллеров были еще либо в стадии разработки (и не выпускались), либо недоступны.

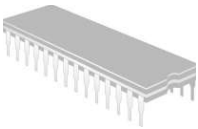
Помимо вышеописанных в книге приведены аппаратные средства коммуникаций по интерфейсу RS232 на расстояниях больших, чем допускает сам этот интерфейс, т. е. свыше 15 м. Если расстояние между объектами коммуникаций составляет 50 ÷ 1000 м, а сами объекты имеют интерфейс RS232, то в этом случае автор рекомендует использовать два подхода.

Первый подход связан с обычными проводными линиями связи, например в виде витых пар, которые уже давно и традиционно используются в компьютерных сетях связи.

Если расстояние достаточно большое, например 800 ÷ 1000 м, а скорость обмена по RS232 желательно оставить высокой, например 115 200 бод, то интерфейс RS232 можно преобразовать в интерфейс RS485/422, который допускает подобный обмен по проводам (в данном случае — витым парам). Сделав обратное преобразование, получим тот же интерфейс RS232, но уже на расстоянии 800 ÷ 1000 м. В книге приводится принципиальная схема подобных преобразователей уже в виде готовых устройств, помещающихся в корпус обычной телефонной розетки (приведена даже фотография устройства на с. 64-65). Такие устройства достаточно дешевы, безукоризненно работают, но имеют один известный недостаток — необходима сама электрическая линия связи, т. е. провода, что связано с рядом проблем: высокой стоимостью линии связи и ее прокладки и связанными с ней сложностями, как то: повреждения линии (случайные или умышленные), значительные затруднения ее прокладки (а иногда и полная ее невозможность) и т. п.

Второй подход связан с современными беспроводными (wireless) технологиями, развивающимися в настоящее время «гигантскими» темпами.

Беспроводные линии связи малого радиуса действия имеют массу недостатков, среди которых: более низкая скорость обмена (10 ÷ 50 кбод при разумной цене); значительно меньшее расстояние связи 100 ÷ 500 м (при опять-таки разумной цене радиотрансиверов); зависимость надежности связи от погоды, расположения объектов связи (в помещении или на открытом пространстве); связь менее стабильная, чем проводная, и часто срывается;





масса стандартов связи (перечислять их — дело неблагодарное); стоимость радиотрансиверов пока еще на порядок превышает стоимость, например, вышеуказанных преобразователей интерфейсов (RS232-RS485/422); имеются некоторые известные проблемы в программировании радиотрансиверов и т. п. Однако отсутствие линии связи и связанных с этим проблем иногда перевешивает все вышеперечисленные недостатки систем беспроводной связи, а в некоторых случаях (при невозможности прокладки проводной линии связи, например, когда один из объектов связи находится под значительным напряжением (в несколько тысяч вольт) по отношению к другому) беспроводная связь является единственно возможной и не имеет альтернативы. Применение интерфейса RS232 в беспроводных линиях связи выходит за рамки настоящей книги (хотя автор в настоящее время «усиленно» занимается подобными разработками). Возможно, в дальнейшем эта тема будет либо включена в книгу (если она будет переиздана), либо раскрыта в отдельной книге.

Обо всех этих и некоторых других аппаратных средствах, использующихся в устройствах, связанных с интерфейсом RS232, подробно описано в разделе книги, посвященном аппаратным средствам RS232.

* * *

Программные средства, приведенные в настоящей книге, более ориентированы на использование операционных систем Windows98 и WindowsXP. Это — существенное ее отличие от первой части [4], где «по умолчанию» все программы были приведены для работы в операционной системе DOS, а о Windows не было сказано ни слова (за исключением, быть может, заключения).

Написание программ, так или иначе связанных с коммуникациями и, в частности, с сопряжением внешних устройств на базе микроконтроллеров с компьютером по интерфейсу RS232 в операционных системах Windows, для многих программистов часто является непреодолимым барьером по многим причинам, основная из которых ***отсутствие*** в языках высокого уровня команд прямого ввода/вывода в порт, например RS232 (in и out), к которым так привыкли программисты, а в операционной системе WindowsXP эти команды вообще запрещены (по крайней мере в официальной документации).

В Win'XP (кстати сказать, и в Win'98) обращение к интерфейсу RS232 возможно через специальный программный интерфейс (простите за тавтологию), разработанный компанией Microsoft специально для работы приложений (Application Program Interface — API). Изучение и применение функций API для программирования RS232 также наталкивается на известные трудности, т. к. примеры использования API в MSDN [18] приведены только для языка Си. Для использования функций API в других языках (например в Кларионе для Windows) требуется некоторая модификация этих функций (а точнее — адаптация под соответствующий язык, в данном случае — Кларион). Эта модификация также связана с дополнительными трудностями и временными затратами.

Другой важной проблемой является необходимость перехода на новую версию языка программирования, работающую в Windows.

В книге объясняется, как достаточно просто запрограммировать обмен по интерфейсу RS232 в операционных системах Windows, используя функции API, на языке Кларион для Windows (на настоящее время его последняя версия — Clarion 6.0) и, кроме того, показано, что программировать обмен по RS232 можно (и нужно!) с помощью прямых команд ввода/вывода в порт (in и out), в том числе и в WindowsXP. Сделано сравнение (и далеко не в

