

Проблемы выбора интерфейсов

Выбор интерфейсов зачастую оказывается для разработчиков проблемой на фоне удавшейся реализации сложных вычислительных алгоритмов или в построенном сверхвысокопроизводительном вычислительном устройстве. На этапе эксплуатации интерфейсы являются источником головной боли из-за нарушений правильного функционирования устройств.

**Владимир Севбо,
Михаил Титов**

st_support@pit.spb.ru

Результатом борьбы с этой проблемой стала стандартизация интерфейсов, что обеспечивает возможность соединения устройств, созданных в разное время разными производителями.

Весьма обширную тему разговора об интерфейсах можно несколько сузить, сконцентрировавшись на стандартах (протоколах), реализованных в виде микросхем. Проблема выбора типа микросхемы и производителя также имеет свою специфику, поскольку производители ограничены жесткими рамками стандартов и варианты могут различаться количеством каналов, наличием некоторых вспомогательных функций, удобством использования, а также надежностью и устойчивостью функционирования.

При разработке радиоэлектронных устройств кроме достижения технико-экономических и функциональных характеристик разрабатываемого устройства важно предугадать, получит ли выбранный интерфейс достаточное распространение в будущем. Если это не удастся сделать, могут возникнуть проблемы с применением разработанного устройства и его модификацией. Если прогноз оправдается, то проблемы комплексирования устройства в различных системах будут решаться проще.

Все интерфейсы можно разбить на две большие группы — последовательные и параллельные. В первую очередь были разработаны последовательные интерфейсы, наиболее удачным среди которых оказался RS-232, до настоящего времени являющийся неотъемлемой частью любого PC-совместимого компьютера в виде COM-порта. Параллельные интерфейсы были разработаны для работы с внешними устройствами, требующими высоких скоростей обмена. Однако совершенствование последовательных интерфейсов привело к тому, что они по целому ряду функциональных параметров превзошли параллельные, и в настоящее время для большинства внешних подключений применяются в основном именно последовательные интерфейсы.

Такая «спираль развития» способствовала в частности тому, что, несмотря на появление новых решений и новых технологий, последовательный интерфейс RS-232 со всеми своими недостатками уже более 30 лет присутствует во всех поколениях средств вычислительной техники.

На примере RS-232 становится очевидным, что удачный выбор интерфейса обеспечивает беспроблемное соединение разрабатываемого РЭУ с другими приборами и использование его в течение мно-

гих лет. Уместно заметить, что по сегодняшним меркам RS-232 обладает рядом недостатков. Стремление угадать, что придет на смену RS-232, спровоцировало появление ряда публикаций по проблемам интерфейсов в различных изданиях [4].

Хорошей ориентировкой в этом вопросе является анализ номенклатуры интерфейсных микросхем, выпускаемых различными фирмами.

Интерфейс RS-232C [1, 2] был принят в 1969 г. и до сих пор активно используется для синхронной и асинхронной связи, при двухточечном и многоточечном соединении, в полудуплексном и дуплексном режимах обмена. Его отечественный аналог — стык С2. При передаче используются уровни сигналов 12 В. Скорость передачи данных составляет от 50 до 19 200 бит/с на расстояние до 15 м. Для управления подключенными устройствами можно использовать дополнительные линии порта RS-232 или специальные символы, добавляемые к передаваемым данным.

Различными фирмами выпускается широкая номенклатура микросхем, предназначенных для преобразования TTL/КМОП-уровней в уровни RS-232 и обратно. Большинство из них имеют встроенный преобразователь напряжения и работают от одного источника питания +5 В. В составе некоторых микросхем, например DS275 фирмы Dallas Semiconductor, применяются цепи, позволяющие использовать в качестве отрицательного источника питания напряжение на линии связи канала приема. Это дает возможность снизить потребление энергии от источника, что делает DS275 незаменимой для использования в приборах с батарейным питанием (в переносных компьютерах, удаленных датчиках и различном медицинском оборудовании). Как правило, в одном корпусе размещается несколько приемников и передатчиков, и линейные цепи микросхем имеют ESD-защиту. Различные типы микросхем могут отличаться нагрузочной способностью, величиной емкостной нагрузки, типом корпуса. Законодателями моды в этой области были фирмы MAXIM и Analog Devices. Производители интерфейсных микросхем по возможности стараются обеспечить конструктивную и функциональную совместимость с предшествующими аналогами. В настоящее время, кроме упоминавшихся выше фирм, большой выбор микросхем, реализующих интерфейс RS-232, имеется у фирмы Texas Instruments; активно продвигает свои изделия фирма ST Microelectronics. Последняя делает основной упор на короткие сроки поставок и низкую цену изделий.

Что примечательно, цена интерфейса с коммерческим диапазоном температур равна цене интерфейса с промышленным диапазоном, в то время как другие фирмы искусственно поднимают цену на компоненты промышленной серии. Политика одинаковой цены распространена также и на другие компоненты фирмы ST Microelectronics. В табл. 1 представлены примеры наиболее употребительных типов таких микросхем. Во всех таблицах прослеживается сопоставление совместимых интерфейсных схем pin-to-pin производства ST Microelectronics с интерфейсными схемами ряда других известных компаний.

В результате дальнейшего развития RS-232 для высокоскоростной передачи данных (до 10 Мбит/с) на более далекие расстояния (до 1200 м) появились разработанный в 1975 г. интерфейс RS-423 для несимметричных цепей, а также RS-422 (позже RS-485) для симметричных цепей.

Несимметричные цепи RS-423, так же как и RS-232, имеют низкую защищенность от синфазной помехи, хотя дифференциальный вход приемника 423 дает несколько лучший результат. Существенными преимуществами в этом плане обладают двухточечный интерфейс RS-422 и его магистральный аналог RS-485, получившие более широкое распространение. Большинство электрических характеристик стандартов RS-485 и RS-422 одинаковы [3] и отличаются лишь режимами работы и количеством подключаемых приемников. RS-485 реализует двунаправленную полудуплексную передачу данных с 32 приемниками для шинных конфигураций, а RS-422 оп-

ределяет двухсторонний однонаправленный драйвер с 10 приемниками. В этом смысле RS-485 является более универсальным и может работать в паре с RS-422. Конструктивно эти два интерфейса различаются тем, что в RS-422 и приемник и передатчик имеют свои витые пары, а в RS-485 приемник и передатчик делят одну витую пару.

При всех достоинствах усовершенствованных интерфейсов они недостаточно стандартизованы с логической стороны и отсутствуют в стандартной комплектации компьютеров и микроконтроллеров. Поэтому применение RS-422 и RS-485 приводит к необходимости использования дополнительного устройства и программного драйвера со всеми вытекающими последствиями.

Поскольку каждый PC-совместимый компьютер непременно содержит от одного до трех COM-портов (RS-232) и ряд периферийных устройств снабжены микросхемами преобразования уровня ТТЛ/КМОП в уровни RS-232, то для применения в таких случаях RS-422 были разработаны микросхемы преобразователей интерфейсов. Характерным примером является микросхема MAX1490, в которой сигналы RS-485 получаются из сигналов RS-232 через промежуточное преобразование в ТТЛ-уровни. Во многих случаях это спасает положение, однако такое решение не позволяет использовать в полной мере скоростные возможности RS-485. И как бы ни рекламировался такой прием, лишние преобразования аналоговых сигналов не добавляют ни надежности, ни достоверности передачи информации.

Серьезную конкуренцию перечисленным выше последовательным интерфейсам составляет скоростной и достаточно неприхотливый интерфейс LVDS/LVDM (Low Voltage Differential Signalling — дифференциальные сигналы низкого напряжения), первоначально создававшийся для подключения LCD-матриц. Его применение позволяет достичь скорости передачи 400–600 Мбит/с по проводной линии связи. Используемый дифференциальный метод передачи токовыми сигналами позволяет снизить влияние внешних помех и влияние самого интерфейса на внешние цепи, а также обуславливает низкое энергопотребление — около 1,2 мВт (для сравнения: RS-422 имеет рассеиваемую мощность порядка 90 мВт). При грамотном построении проводящей среды [5] интерфейс позволяет достичь скоростей, превышающих 1 Гбит/с, имеет простую схему включения элементов.

Стремительно растет число микросхем для всевозможных применений LVDS. В качестве примера можно привести семейство микросхем серии Channel Link фирмы National Semiconductor для передачи большого количества сигналов с уровнями ТТЛ между двумя абонентами, серию BLVDS для организации многоабонентных высокоскоростных сетей передачи данных и, наконец, серии LDI и FPD для сопряжения видеоконтроллеров с графическими плоскостными дисплеями.

Фирма Texas Instruments (TI) выпускает одно- и многоканальные микросхемы. Особенно интересны сверхскоростная микросхема NS65LVDS93/94 с пропускной способностью до 1,82 Гбит/с и набор SN65LVDS15x для

Таблица 1

Наименование схемы у STMicroelectronics	Аналоги	V _{cc} , V	Количество TX/RX	I _{cc} , mA тип.	Внеш. емк., μF	Кол-во внеш. емк.	ESD-защита	Скорость передачи, Kbps	Корпус	Температуры, °C
ST232	MAX232, ADM232, DS14C232	5	2/2	5	1.01	4		220	DIP16, SO-16N, SO-16L, TSSOP16	0+70, -40+85
ST202	ADM202, MAX202, DS14C202	5	2/2	1,5	0.1	4		400	DIP16, SO-16N, SO-16L, TSSOP16	0+70, -40+85
ST232A	ADM232A, MAX232A	5	2/2	1,5	0.1	4		400	DIP16, SO-16N, SO-16L, TSSOP16	0+70, -40+85
ST202E	ADM202E, MAX202E	5	2/2	5	0.1	4	Есть	400	DIP16, SO-16N, SO-16L, TSSOP16	0+70, -40+85
ST232E	HIN202E, MAX232E	5	2/2	5	1	4	Есть	400	DIP16, SO-16N, SO-16L, TSSOP16	0+70, -40+85
ST207E	ADM207E, MAX207E	5	5/3	11	0.1	4	Есть	300	SO-24, TSSOP24, SSOP24	0+70, -40+85
ST75C185	—	5,±12	3/5	0.95	—	—	Есть	От 120	DIP-20, TSSOP24, SSOP20	0+70, -40+85
ST75185	SN75185, DS14185	5,±12	3/5	30	—	—	—	От 120	SO-20, TSSOP20	0 +70
MC1488	SN75188, DS1488	±9/±12	4/—	10	—	—	—	От 120	DIP-14, SO-14	0 +70
MC1489	SN75189, DS1489	5	—/4	16	—	—	—	От 120	DIP-14, SO-14	0 +70
ST3232	ADM3202, MAX3232	3	2/2	0.3	0.1	4	—	От 250	DIP16, SO-16N, SO-16L, TSSOP16	
ST3237	MAX3237	3	5/3	0.5	0.1	4	—	От 250	SO-28, SSOP28, TSSOP28	0 +70, -40+85
ST3243	MAX3243	3	3/5	0.3	0.1	4	—	От 400	SO-28, SSOP28, TSSOP28	0 +70, -40+85

Таблица 2

Наименование схемы у STMicroelectronics	Аналоги	V _{cc} , V	Кол-во TX/RX	I _{cc} , mA тип.	Состояние выходов	V _{OH} , V мин.	V _{OL} , V макс.	t _{PHL} , ns тип.	Корпус	Температуры, °C
ST26C31	DS26C31T, AM26C31, MC26C31	5	4/—	0.8	Трех-стаб.	2.5	0.5	6	DIP-16, SO-16N, TSSOP16	-40 +85
ST26C32A	DS26C32A, AM26C32, MC26C32	5	—/4	16	Трех-стаб.	3.8	0.3	19	DIP-16, SO-16N, TSSOP16	-40 +85
ST34C86	DS34C86	5	—/4	16	Трех-стаб.	3.8	0.3	19	DIP-16, SO-16N, TSSOP16	-40 +85
ST485	ADM485, MAX485, SP485	5	1/1	0.3	—	3.5	0.4	30	DIP-8, SO-8	0+70, -40+85

Таблица 3

Кол-во TX/RX	I _{cc} запрета, mA макс.	I _{cc} разреш., mA макс.	Т _{PHL} , ns макс.	Т _{PHL} , ns макс.	Скорость передачи, Mbps	Корпус	Температуры, °C
4/—	1	20	2	2.5	400	SO-16, TSSOP16	-40...+85
—/4	1.5	18	4	4.1	400	SO-16, TSSOP16	-40...+85
1:10 тактовый драйвер	—	130	3	3	622	TQFP-32	-40...+85

преобразования параллельной шины в скоростной LVDS-канал и обратно. Из новых разработок TI можно отметить SN65LVDM1676 и SN65LVDM1677 — полудуплексные трансиверы из семейства LVDM (Low-Voltage Differential Multipoint). Оба прибора обеспечивают параллельную передачу со скоростью до 350 Мбит/с.

Характеристики микросхем интерфейса LVDS представлены в табл. 3.

Устранить недостатки последовательных интерфейсов была призвана разработка в 1990 г. компанией Apple шины FireWire (IEEE-1394) со скоростью передачи 400 Мбит/с, возможностью «горячего» подключения, питания подключаемых устройств от шины интерфейса, передачей данных как в синхронном, так и в асинхронном режиме с выделением для отдельного устройства гарантированной скорости передачи в пределах ресурса линии. Однако ко времени массового распространения FireWire уже появилась шина USB, составившая ей серьезную конкуренцию.

Шина USB была разработана сравнительно недавно — в 1996 г. Она обеспечила разработчикам относительно дешевый, высокоскоростной (до 12 и до 400 Мбит/с для стандарта 2.0) и удобный в использовании интерфейс. Удобство заключается в возможности подключения устройства к работающему компьютеру, автоматическом распознавании их операционной системой, питании маломощных устройств с самой шины, большое количество (до 127) подключаемых устройств, а также простым и существенно более дешевым, чем для FireWire, соединительным кабелем. Для встраиваемых и бортовых систем интерфейс USB предоставляет идеальную конфигурацию герметичного хост-компьютера, к которому на единственный тонкий кабель, проведенный через гермоввод, подсоединяются многочисленные внешние устройства.

Еще одним преимуществом шины USB является наличие практически во всех чипсетах PC-контроллеров (для этой цели уже разработан контроллер USB 2.0 — Intel ICH3 [5]), а также полной поддержкой этого стандарта в ОС, начиная с Windows 98.

Шина FireWire (стандарт IEEE-1394) также начинает получать поддержку в виде встроенных в чипсет контроллеров и операционных систем, начиная с Windows 2000, и вместе с USB они могут стать заменой последовательного

интерфейса RS-232, параллельного Centronics, а заодно и внутренних шин PCI и IDE.

Что касается систем с удаленными устройствами сбора данных и управления, то серьезную конкуренцию RS-422 и RS-485 составляет в настоящее время интерфейс CAN, обладающий за счет изолированного логического протокола чрезвычайно высокой устойчивостью и надежностью, практически исключающей ошибки управления. Причем логическая сложность не беспокоит разработчика, поскольку протокол реализован в виде специальных микросхем «на все случаи жизни». Интерфейс имеет достаточно высокую производительность (до 1 Мбит/с), допускает использование любой физической среды передачи. Фактическая же скорость передачи по линии связи задается программно. Интерфейс CAN может иметь произвольное количество узлов подключения, простоту изменения состава сети, предоставляет возможность инициативной передачи сообщений любым ее узлом. При этом реализуется оригинальный способ доставки сообщений по назначению. Каждое сообщение снабжается не адресом, а идентификатором, определяющим содержание или назначение передаваемых данных. Каждый приемник анализирует идентификаторы и воспринимает сообщения, которые необходимы ему в данный момент. На один идентификатор могут реагировать несколько приемников. При этом система арбитража исключает потери информации и времени при конфликтах на шине.

Протокол CAN обеспечивает общую вероятность необнаруженной ошибки — $4,7 \times 10^{-11}$. Это достигается комплексным применением различных методов — поразрядный контроль, прямое заполнение битового потока, проверка пакета сообщений CRC-полиномом с Хемминговым интервалом $d=6$, контроль формы пакета сообщений, подтверждение правильного приема пакета данных.

Достоинства этого интерфейса подтверждены его десятилетним применением в транспортных системах и в промышленной автоматике. В последние годы наблюдается бурный рост числа проектируемых сетей в самых разных сферах человеческой деятельности. Характерным является тот факт, что количество типов микросхем для интерфейса CAN превосходит количество микросхем для USB.

Таким образом, несмотря на привычку к RS-232 и его повсеместное присутствие, для

конструктора ПЭА сегодня целесообразно ориентироваться на последовательные интерфейсы второго поколения — USB, CAN, FireWire и их модификации. Наличие большого количества средств перехода между разными типами интерфейсов позволяет легко решать проблему совместимости устройств. Часто решение всего комплекса проблем оказывается возможным в рамках номенклатуры микросхем одной фирмы. Так, в каталогах фирмы STMicroelectronics наряду с широким набором интерфейсных схем класса RS-232 имеется богатый выбор интерфейсов USB, CAN и упрощенной модификации LIN.

В заключение хотелось бы обратить внимание на новые тенденции в разработке интерфейсов, которые с учетом современных темпов развития вычислительной техники в любой момент могут стать в ряд доминирующих и существенно потеснить привычные и хорошо знакомые. Речь идет о давно знакомом, но постоянно обновляющемся инфракрасном (ИК) интерфейсе, в настоящее время представленном стандартами IrDA SIR, IrDA HDLC, IrDA FIR, ASK IR, а также конкурирующем с ним и получающем все более широкое распространение радиоинтерфейсе Bluetooth.

Литература

1. Мячев А. А. и др. Интерфейсы систем обработки данных: Справочник. М.: Радио и Связь, 1989.
2. Гук М. Интерфейсы ПК: справочник СПб: Питер Ком, 1999.
3. «Обрежьте жирок» с RS-485. — Компоненты и технологии, № 4, 2001.
4. Прокофьев Н. Интерфейсы ПК: смесь авангарда и ретро. — Компьютер-пресс. 5, 2001.
5. Гончаров Ю. Интерфейс LVDS и его применение. — Компоненты и технологии № 3, 2001.
6. Татарников О. Домашние сети на FireWire и USB. — Компьютер пресс, № 4, 2001.
7. Карпенко Е. Возможности CAN-протокола. — Современные технологии автоматизации № 4, 1998.
8. Щербаков А. Сеть CAN: микроконтроллеры всех стран, соединяйтесь! — Инженерная микроэлектроника, № 2, 1998.