

Каких показателей мы можем добиться при использовании RS-485?

Майк ХЬЮЛСМАН
Филипп ОН

Разработчики промышленных систем обмена данными часто задаются вопросом: каким должно быть недорогое среднескоростное последовательное соединение? И какие реальные скорости обмена данными могут быть достигнуты с достаточной надежностью, на каких расстояниях и каким образом? Компромисс представляет собой снижение рабочей дистанции при увеличении скорости или увеличение дистанции при снижении скорости. Поэтому ключевым является вопрос: на каком максимальном расстоянии вы можете с высокой надежностью обмениваться данными при конкретной указанной скорости?

Введение

Существует множество различных протоколов последовательной передачи данных: от RS-232 до Gigabit Ethernet. Хотя все они удовлетворяют конкретным приложениям, в каждом случае необходимо принимать во внимание стоимость и характеристики физического уровня РНУ. В этой статье рассматривается протокол RS-485, приложения, лучшим образом подходящие для этого стандарта, и пути оптимизации скоростей обмена данными как функции от параметров кабелей, конструкции системы и выбранных компонентов.

Что же представляет собой RS-485? Что такое Profibus? Как сделать их сравнимыми с другими протоколами, и для каких приложений они лучше всего подходят? Чтобы ответить на эти вопросы, приведенный ниже обзор сравнивает параметры и возможности физического уровня RS-485 с физическими уровнями РНУ стандартов RS-232 и RS-422.

RS-232 представляет собой стандарт, который исторически появился как средство связи для модемов, принтеров и другой периферии персональных компьютеров. Он обеспечивает несимметричный канал связи со скоростью передачи до 20 кбит/с, впоследствии расширенной до 1 Мбит/с. Другие характеристики интерфейса RS-232 включают номинальные напряжения ± 5 В для передачи и ± 3 В для приема, подавление общих помех амплитудой до 2 В, максимальную емкость нагрузочного кабеля 2200 пФ, максимальное сопротивление выхода драйвера 300 Ом, минимальный импеданс нагрузки 3 кОм и максимальную длину кабеля 30 м. Системы RS-232 имеют архитектуру «точка-точка», не позволяют осуществлять одновременное подключение нескольких устройств на линию

одновременно. Все системы RS-232 должны соответствовать этим ограничениям.

RS-422 представляет собой однонаправленный полнодуплексный стандарт обмена данными для промышленных применений с высоким уровнем защиты от электрических шумов. В стандарте предусмотрено наличие одного драйвера с множеством приемников. Сигнал может проходить различными путями. Это позволяет добиться скорости передачи данных более 50 Мбит/с. Диапазон напряжений на входе приемника составляет ± 7 В, сопротивление выхода драйвера не более 100 Ом, а входной импеданс приемника должен быть менее 4 кОм.

RS-485 — это двунаправленный полудуплексный стандарт последовательной передачи данных, содержащий множество драйверов и приемников на шине. Здесь каждый драйвер может освобождать шину. Эти параметры аналогичны спецификации RS-422, но RS-485 имеет большую надежность. Такая реализация имеет больший входной импеданс ресивера и более широкий диапазон входного напряжения (от -7 до $+12$ В).

Входная чувствительность приемника составляет ± 200 мВ, это означает, что для распознавания символа ресивер должен «видеть» уровни сигнала выше $+200$ мВ или ниже -200 мВ. Минимальный входной импеданс ресивера равен 12 кОм, минимальное выходное напряжение драйвера составляет $\pm 1,5$ В, а максимальное равно ± 5 В.

Нагрузочная способность равна 32 единицам нагрузки, то есть 32 ресивера по 12 кОм параллельно. Для приемников с большим входным импедансом число блоков нагрузки на одной шине может быть увеличено. К шине может быть подключено любое число приемников, обеспечивающих комбинированную (параллельную) нагрузку на драй-

вер, не превышающее в сумме 32 единицы нагрузки (375 Ом).

Импеданс нагрузки драйвера составляет максимум 54 Ом, который при использовании обычной витой пары 24AWG эквивалентен 32 единицам нагрузки, включенным параллельно с двумя терминаторами на 120 Ом. Благодаря сочетанию этих параметров для торговых терминалов, промышленных и телекоммуникационных приложений становится предпочтительным использование RS-485. Хорошая устойчивость к помехам позволяет осуществлять передачу данных при большой длине кабелей и в системах со сложной помеховой обстановкой, например, на промышленных предприятиях. Кроме того, больший входной импеданс приемников позволяет подключать большее количество устройств на одну линию.

Шины Profibus и Fieldbus используются в основном в промышленных условиях. Эти шины являются расширением стандарта RS-485. Они применяются для связи с проводными измерительными датчиками, управляемыми актуаторами, в системах накопления и отображения данных, а также в подсистемах связи между управляющей системой и сетями датчиков и исполнительных механизмов. Заметим, что старые системы имеют сложную проводную инфраструктуру, которая практически не поддается модификации и замене.

Шины Profibus и Fieldbus имеют полное системное описание; RS-485 представляет собой стандарт для физического уровня сети, полностью их поддерживающий. Profibus и Fieldbus имеют незначительные отличия в параметрах. Profibus требует минимальное дифференциальное выходное напряжение 2,0 В с $RL = 54$ Ом, а Fieldbus требует минимальное дифференциальное выходное напря-

жение 1,5 В с $RL = 54 \text{ Ом}$. Скорость передачи Profibus составляет 12 Мбит/с, в то время как Fieldbus обеспечивает скорость всего 500 кбит/с. Рассогласование и емкостной разброс более жестко заданы в описании Profibus.

Области применения

RS-232 подходит для обмена данными между модемами, принтерами и другой компьютерной периферией. Типовая максимальная длина кабеля составляет 30 м.

RS-422 применяется в промышленных приложениях, которые требуют одного контроллера шины (драйвера). Типовые области применения включают автоматизацию промышленных процессов, автоматизированные предприятия, системы нагревания, вентиляции и кондиционирования воздуха, охранные системы, приложения управления двигателями и управления движением.

RS-485 используется в промышленности для систем, в которых необходимо наличие более одного контроллера шины. Типовые области применения аналогичны RS-422: автоматизация процессов, автоматизированные предприятия, системы нагревания, вентиляции и кондиционирования воздуха, охранные системы, приложения управления двигателями и управления движением.

Факторы, ограничивающие скорость обмена данными

Следующие факторы необходимо учитывать при определении максимальной скорости передачи данных:

- Длина кабеля. На заданной частоте сигнал затухает в кабеле как функция его длины.
- Конструкция кабеля. Витая пара 24AWG категории 5 является наиболее распространенным типом кабеля, используемого для систем RS-485. Добавление экрана к ка-

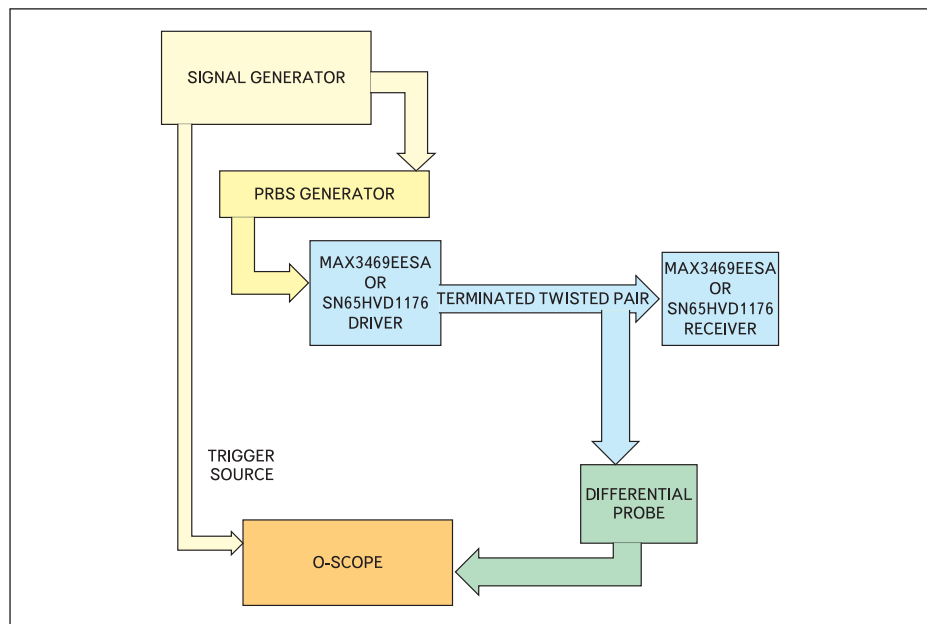


Рис. 1. Структура системы для проведения испытаний

белю увеличивает устойчивость к шумам и поэтому увеличивает скорость передачи данных для заданного расстояния.

- Импеданс кабеля. Распределенная емкость и индуктивность сглаживают форму импульсов, поглощают запас помехоустойчивости и ухудшают глазковую диаграмму. Распределенное сопротивление напрямую вносит затухание в сигнал.
- Выходной импеданс драйвера. Если он слишком высок, то ограничивает возможности драйвера.
- Входной импеданс ресивера. Если он слишком мал, то ограничивает число приемников, которые можно подключить к драйверу.
- Оконечная нагрузка. Длинный кабель может вести себя подобно линии передачи.

Хорошее согласование кабеля с его импедансом снижает отражения и увеличивает допустимую скорость обмена данными.

- Запас помехоустойчивости. Чем больше, тем лучше.
- Скорость нарастания выходного напряжения драйвера. Более низкие скорости нарастания напряжения позволяют осуществлять передачу на большие расстояния.

Некоторые эмпирические наблюдения

Рассмотрим пример проводной системы (рис. 1). Кабель в этом примере является одним из наиболее часто используемых для систем RS-485: витая пара EIA/TIA/ANSI 586 (категория 5). Скорости передачи, получаемые

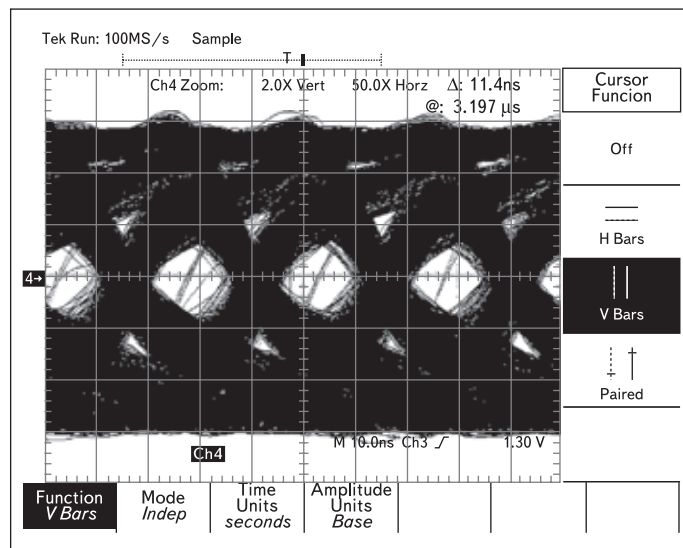


Рис. 2. Измеренный джиттер для заданной скорости и длины кабеля. Джиттер измерялся при дифференциале $\pm 100 \text{ мВ}$

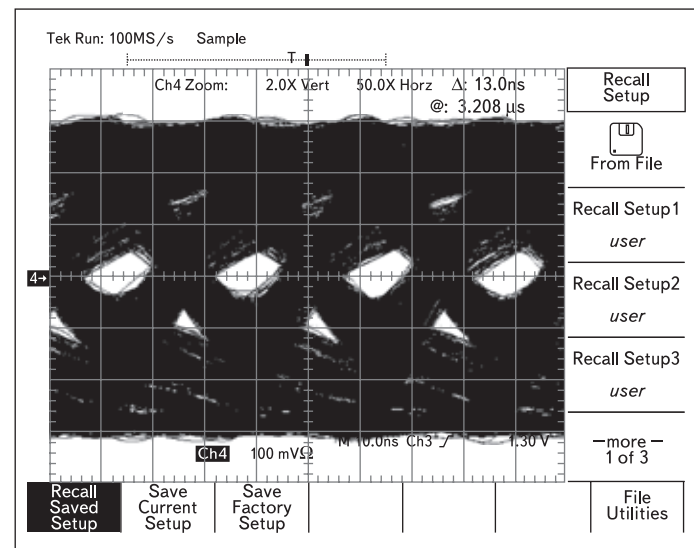


Рис. 3. Измеренный джиттер для заданной скорости и длины кабеля. Джиттер измерялся при дифференциале 0 мВ

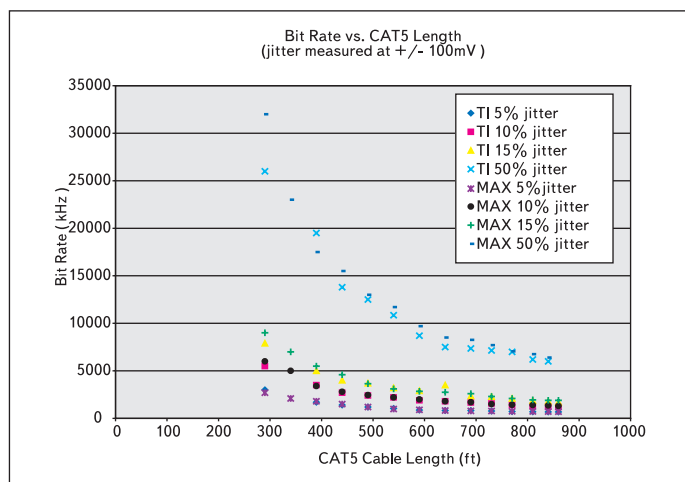


Рис. 4. Глазковая диаграмма для драйвера RS-485 в сравнении с диаграммой для драйвера MAX3469 компании Maxim

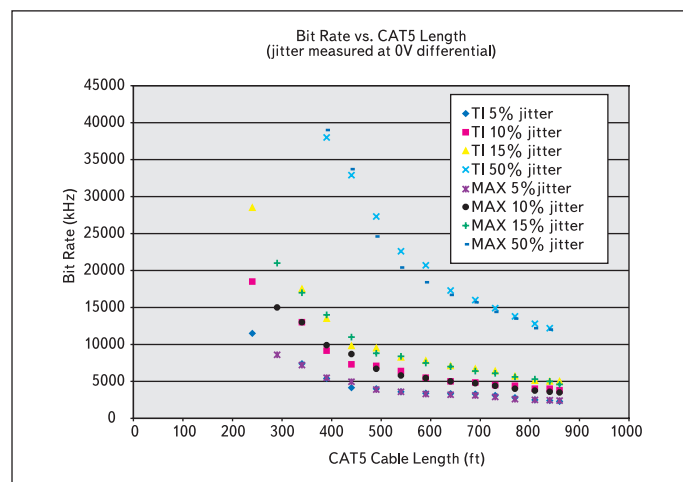


Рис. 5. Глазковая диаграмма для драйвера MAX3469

при длине кабеля от 90 до 270 м, находятся в диапазоне от 1 до 35 Мбит/с.

Системные разработчики часто выбирают драйвер и приемник от двух конкурирующих производителей, но большинство разработчиков в первую очередь интересуются тем, как далеко и как быстро драйвер RS-485 может передавать сигнал. Эффективность драйвера компании Maxim (MAX3469) и аналогичных драйверов других производителей можно оценить с помощью рис. 2, 3.

Качество сигнала проверялось путем измерения параметров дифференциального выхода драйвера. Осциллограф был настроен таким образом, чтобы можно было увидеть точки запуска между порогами 80 и -400 мВ (такие значения выбраны потому, что приемники имеют входной диапазон от 20 до -200 мВ плюс шум). Итак, для периодов передачи импульсов (битов) используем глазковую диаграмму, чтобы определить общий вклад искажений, шума и затухания сигнала в параметр, называемый межсимвольной интерференцией (ISI — InterSymbol Interference).

Межсимвольная интерференция заставляет разработчиков снижать скорость передачи данных до уровня, достаточного для различения символов. Измерения схемы, приведенной на рис. 1, показали устойчивую и четкую корреляцию между точками запуска и глазковой диаграммой. Глазковая диаграмма показывает джиттер на уровне 50% (измерения производятся по методике, приведенной в Application Note 977 компании National Semiconductor). Джиттер, измеренный при 0 и ±100 мВ, показан на рис. 2, 3.

Для конкретного соединения «точка-точка» зависимость скорости обмена данными от длины кабеля может быть проиллюстрирована при дифференциале ±100 мВ (рис. 2) или 0 В (рис. 3). Пороги +100 и -100 мВ гарантируют, что приемник переключится правильно, поскольку мы знаем, что он может корректно переключаться при дифференциальных сигналах более 200 мВ. (Данные, при-

веденные на рис. 5, применимы только для идеального приемника, который способен переключаться при напряжении на дифференциальном входе 0 В.)

Глазковая диаграмма и режимы отказа

При скорости обмена данными 39 Мбит/с по кабелю 5-й категории длиной 103 м глазковая диаграмма сигнала с выхода драйвера (рис. 4), в которой сигналы пересекают центр глаза, иллюстрирует возможность появления битовой ошибки. При использовании микросхемы компании Maxim при той же скорости обмена вероятность возникновения битовой ошибки практически отсутствует (рис. 5).

Для описанных выше условий два рассмотренных драйвера обладают аналогичными параметрами. Однако при более высоких скоростях и больших длинах кабеля драйвер компании Maxim более надежен и эффективен. По рис. 5 можно оценить, как быстро и как далеко эта микросхема может передавать данные в сети типа «точка-точка». Опыт показывает, что появление битовых ошибок происходит при пределе джиттера около 50%.

Исследование данных от различных источников

Широко распространенные в промышленных приложениях максимальные значения дистанции и скорости передачи данных равны соответственно 1200 м и 10 Мбит/с (конечно, не в одно и то же время). Использование современных устройств с тщательно проработанной конструкцией, однако, может обеспечить более высокие значения этих параметров.

Предварительная коррекция представляет собой методику, которая улучшает скорость обмена данными в зависимости от дистанции и является применимой к стандарту передачи данных RS-485 (рис. 6). Трансиверы

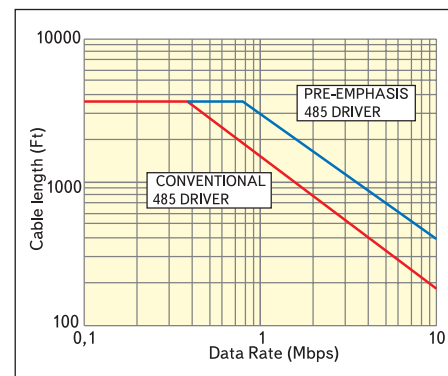


Рис. 6. Зависимость между скоростью обмена данными и длиной кабеля

RS-485 без предварительной коррекции в драйвере или компенсации в ресивере обычно дают джиттер 10% при длине кабеля более 515 м, когда идет передача на фиксированной скорости 1 Мбит/с. Добавление предварительной коррекции в драйвере на этой скорости позволяет вдвое увеличить расстояние до 1030 м без какого-либо увеличения джиттера.

Предварительная коррекция может увеличить скорость передачи данных для конкретной заданной длины кабеля. Драйвер, работающий на скорости 400 кбит/с без предварительной коррекции, обычно дает 10% джиттер при длине кабеля 1200 м. Использование предварительной коррекции позволяет вести передачу на то же расстояние на скорости вплоть до 800 кбит/с.

Другой путь подсчитать максимальную длину кабеля для надежной передачи данных — использовать таблицу затухания в зависимости от частоты, предлагаемую производителем кабеля 5-й категории. Эмпирическое значение для допустимого затухания равно -6 дБВ. Для расчета максимальной длины кабеля при заданной частоте это значение может быть использовано наряду с данными производителя по затуханию.

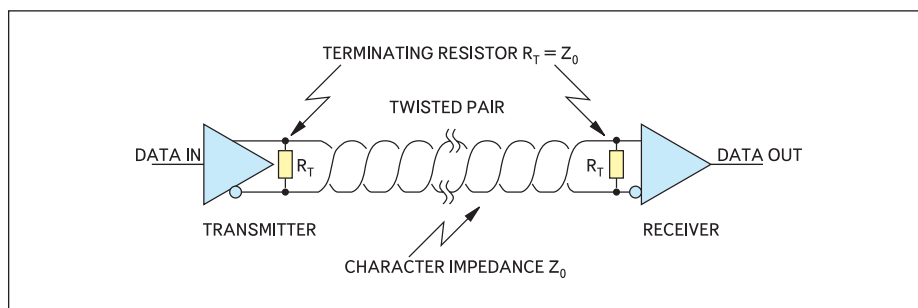


Рис. 7. Сеть с одним передатчиком и одним приемником

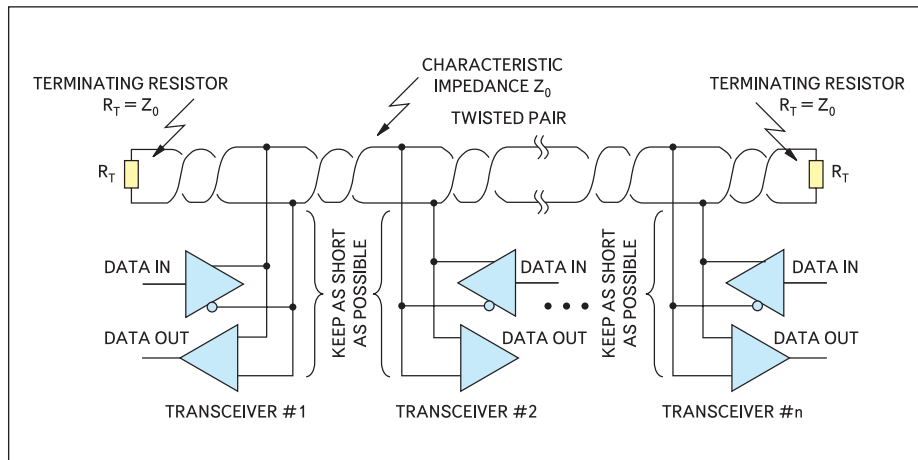


Рис. 8. Архитектура сети с множеством передатчиков

Вместо заключения

Доступные на рынке трансиверы RS-485 имеют несколько параметров, которые могут увеличить эффективность системы:

- Предварительная коррекция снижает межсимвольную интерференцию [4].
- Пониженная удельная нагрузка приемников: устройства с малой нагрузкой могут иметь нагрузку до 1/8 от типового приведенного ранее значения, позволяя таким образом подключать до 256 устройств на одну шину. Такие устройства также позволяют снизить нагрузку шины, благодаря чему можно увеличить скорость обмена данными или повысить длину кабеля.
- Высокоскоростные устройства: доступные на данный момент драйверы способны обеспечить скорости передачи данных до 52 Мбит/с, что достигается специальными приемами, снижающими асимметрию и задержки распространения.
- Защита от электростатики: не позволяет увеличить скорость обмена данными, зато может защитить от электростатического разряда вплоть до ± 15 кВ.
- Правильное размещение кабелей. RS-485 обеспечивает дифференциальную передачу, которая для передачи сигнала требует два сигнальных проводника в дополнение к общему проводу («земле») (обычно витая пара 24 AWG). Два сигнальных проводника передают сигналы противоположной

полярности и значительным образом снижают проблемы, связанные с электромагнитным излучением и помехами. Типичный импеданс такого проводника составляет 120 Ом, благодаря чему обеспечивается согласование каждого конца кабеля для снижения отражений и других эффектов, возникающих в несогласованных линиях передачи. На рис. 7, 8 представлены правильно согласованные системы.

Итак, сети RS-485 могут обеспечить надежную передачу данных в условиях воздействия электрических помех. Принимая во внимание компромисс между скоростью передачи данных и длиной кабеля, можно разрабатывать системы, которые позволяют достигнуть скоростей обмена данными более 50 Мбит/с при длинах кабеля в сотни метров без использования ретрансляторов. ■

Литература

1. Maxim AN1833. Using RS485/RS422 Transceivers in Fieldbus Networks. 12/27/02.
2. Maxim AN763. Guidelines for Proper wiring of an RS-485 Network. 7/12/01.
3. Maxim AN736. RS485 Differential Data Transmission System Basics. 3/16/01.
4. Maxim AN643. Preemphasis Improves RS485 Communications. 1/22/01.
5. Application Note 977. National Semiconductor.
6. TI Databook. Data Transmission Circuits, Vol. 1. 1995/1996.