

Построение надежных сетей на базе интерфейса RS-485

Современные программируемые логические контроллеры, а также другие интеллектуальные устройства, большинства производителей, содержат интерфейс RS-485 в качестве средства организации территориально распределенной системы сбора данных и управления.

Цель настоящей статьи - осветить основные положения стандарта EIA RS-485, а также привести ряд рекомендаций по практической реализации систем передачи данных на базе интерфейса RS-485.

При проектировании системы на базе технических средств, соответствующих стандарту EIA RS-485, следует учитывать ряд весьма важных факторов, среди которых в первую очередь должны рассматриваться следующие: количество передатчиков и приемников, скорость передачи данных, способ объединения технических средств, максимальная протяженность линии связи, а также качество линии связи.

Стандарт RS-485 *оговаривает* только электрические характеристики приемников и передатчиков, физический уровень (среду), но не программную платформу.

RS-485 является полудуплексной многоточечной сетью, т.е. к одной линии возможно подключение нескольких передатчиков и приемников, причем в любой момент времени активен только один передатчик. Рассмотрение соответствующего коммуникационного протокола выходит за рамки стандарта EIA RS-485.

Стандарт RS-485 *не оговаривает и не устанавливает* требования к способам объединения элементов системы и другим средствам связи:

- ♦ возможность объединения несимметричных и симметричных цепей,
- ♦ параметры качества сигнала, уровень искажений (%),
- ♦ методы доступа к линии связи,
- ♦ протокол обмена,
- ♦ аппаратную конфигурацию (среда обмена, кабель),
- ♦ типы соединителей, разъемов, колодок, нумерацию контактов,
- ♦ качество источника питания (стабилизация, пульсация, допуск),
- ♦ отраженность сигнала (reflect).

При построении сетей RS-485 необходимо учитывать следующие соглашения:

- ♦ режимы работы и характеристики узла сети,
- ♦ конфигурацию сети,
- ♦ электрические характеристики кабеля,
- ♦ скорость обмена и длину линии связи,
- ♦ подключение терминаторов и отводы линии связи,
- ♦ подключение цепей защитного смещения,
- ♦ заземление и экранирование,
- ♦ подключение устройств защиты,
- ♦ работа сети в промышленных условиях.

1. Режимы работы и характеристики узла сети

Сигналы RS-485 являются дифференциальными. Интерфейс использует линии - A и B см.рис.1. Драйвер подает на обе линии комплементарные напряжения.

Приемники реагируют на разницу между сигналами A и B. V_o - дифференциальное напряжение. Приемники воспринимают 200 мВ разницу между напряжениями V_{oA} и V_{oB} . Разница менее 200 мВ не распознается. Большинство современных микросхем драйверов обладают возможностью переводить линии A и B в «третье состояние» (т.е. отключенное состояние).

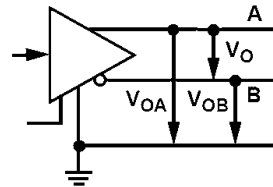


Рис.1 - Параметры V_{oA} , V_{oB} и V_o определены в стандарте EIA RS-485

На рис. 2 представлен, предлагаемый производителями микросхем драйверов RS-485, типичный график зависимости скорости передачи данных (в битах) от длины кабельного сегмента (в метрах).

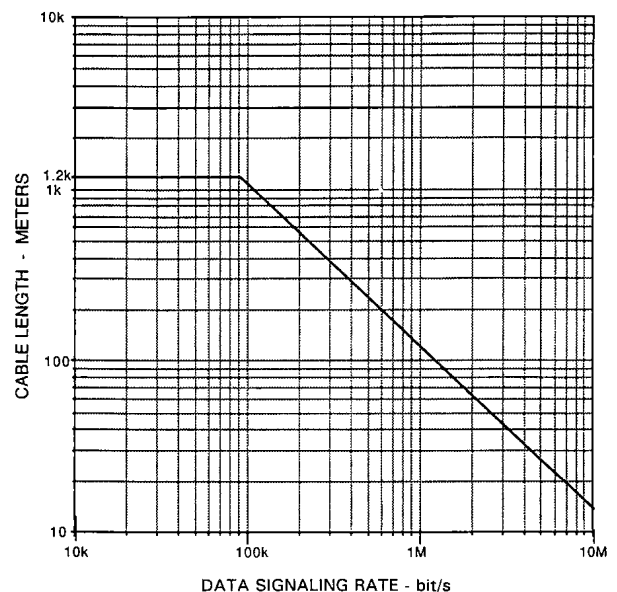


Рис.2 - Зависимость скорости передачи данных от длины кабеля вызвана ограничениями по задержке распространения сигнала по линии передачи

В стандарте EIA RS-85 вводится понятие «единичная нагрузка» - важный параметр по входу приемопередатчика - unit load - UL и указывается, что драйвер RS-485 должен обеспечивать передачу информации для 32 единичных нагрузок. В настоящее время производители микросхем поставляют трансиверы, специфицированные как 1/4 UL и 1/8 UL единичной нагрузки. В этом случае количество физически подключенных к линии устройств можно увеличить, но суммарное количество UL в одной линии не должно превышать 32.

Формирователи и приемники, соответствующие требованиям стандарта EIA RS-485, сохраняют работоспособность при воздействии на них синфазного напряжения в диапазоне от минус 7 до плюс 7 В (мгновенное значение).

Приемники RS-485 отлично подавляют синфазные помехи. При использовании витой пары почти все источники шумов будут одновременно воздействовать на каждый проводник. Благодаря своей дифференциальной природе приемники отлично работают даже при большом уровне синфазных помех в кабелях.

Использование повторителей (repeaters) позволяет объединять различные сети, достигая практически неограниченного количества узлов. Но в больших сетях с многочисленными повторителями и длинными линиями передачи, заметным фактором становится задержка распространения, которая может привести к неприемлемому снижению скорости передачи данных.

Производительность сети зависит от используемого типа кабеля, терминальных резисторов, количества драйверов и приемников, от уровня электромагнитной интерференции и физической геометрии сети.

2. Конфигурация сети

Сеть, см. рис.3, как правило, содержит несколько приемников, несколько формирователей A1 ... A32 и согласующие резисторы Rt1 и Rt2. Каждый формирователь должен обеспечивать работу на 32 единицы нагрузки A1 ... A32 помимо согласующих резисторов, каждая из которых представляется совокупностью приемника и формирователя, находящегося в пассивном состоянии. Согласующие резисторы должны подключаться к линии связи в двух наиболее удаленных друг от друга местах подключения единиц нагрузки. Сопротивление каждого согласующего резистора должно совпадать с волновым сопротивлением применяемого кабеля (от 100 до 120 Ом).

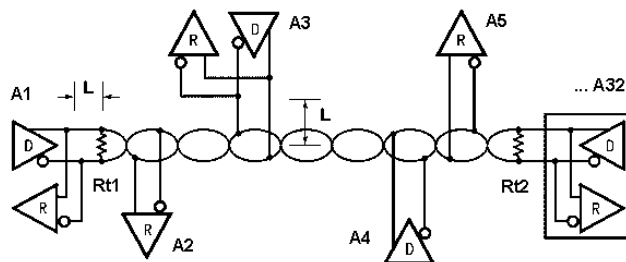


Рис.3 - Конфигурация сети

Оптимальным и наиболее надежным решением для построения надежной сети RS-485 является использование топологии последовательной цепочки – см.рис.4 а), б), в). Топологии – см.рис.4 г), д), е) следует избегать.

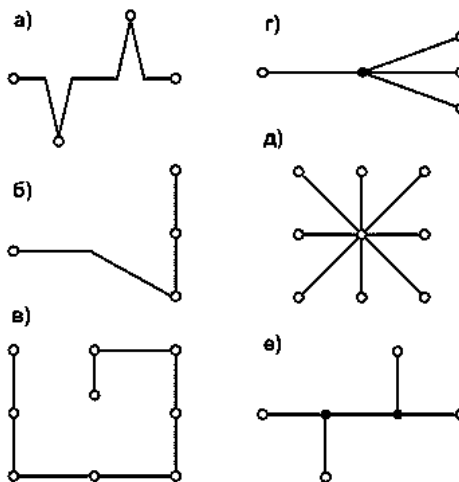


Рис. 4 - Сетевые топологии

Таким образом, правильно организованная конфигурация сети влияет на работоспособность системы в целом.

3. Электрические характеристики кабеля

Средства объединения устройств включают в себя кабельную продукцию, соединители и согласующие резисторы и называются средствами связи. Поскольку реальная конфигурация средств связи зависит от требований, обуславливаемых конкретным приложением и не установленных стандартом EIA RS-485, далее приводится ряд указаний по выбору средств связи. Данные указания выработаны, исходя из предположения, что для подключения устройств к линии связи не применяются элементы ответвления.

Основными параметрами, определяющими критерии выбора кабеля, являются:

- 1) Скорость обмена, значение которой определяет длительность передаваемого бита информации;
- 2) Минимальный уровень сигнала на входе приемника, необходимый для распознавания передаваемых двоичных состояний;
- 3) Затухание сигнала в кабеле в дБ/км. Это – потеря качества сигнала, выраженная в снижении его амплитуды. Зависит от формы кабеля и меняется по частоте и длине.
- 4) Сопротивление на единицу длины в Ом/м. Это – сопротивление прохождению постоянного тока (или переменного тока низкой частоты). Зависит от сечения провода и материала, из которого он сделан.
- 5) Емкость между двумя проводниками в пФ/м. Это – емкость, измеренная между двумя проводами одной и той же пары. Зависит от типа и толщины используемой изоляции.

В качестве линии связи используется экранированная витая пара с волновым сопротивлением ≈ 120 Ом.

Существуют специальные методики расчета допустимых скоростей обмена и максимальной длины линии связи, основанные на паспортных параметрах кабеля (волновое сопротивление, погонная емкость, активное сопротивление) и микросхем приемопередатчиков (допустимые искажения фронта сигнала).

Как правило, используемые витые пары имеют волновое сопротивление около 120 Ом и точно подбирать резистор-“терминатор” нет необходимости.

Экранированный кабель должен применяться, если необходимо ограничить воздействие внешних возмущений, способных повлиять на «чувствительный» кабель, а так же воспрепятствовать тому, чтобы проводник, являющийся источником возмущений, создавал помехи для соседних кабелей или оборудования.

В ответственных применениях, рекомендуется использовать экранированные кабели типа 9841, 3106А фирмы Belden.

Таким образом, чем качественнее кабель, тем больше длина линии связи.

4. Скорость обмена и длина линии связи

Использование технологии RS-485, как указано в стандарте, позволяет строить сети максимальной длиной до 1200 м, а также позволяет передавать данные с максимальной скоростью передачи до 10 Мбит/сек.

Характеристика скорость обмена / длина линии связи представляет собой экспоненциальную зависимость (см. рис.2, см. табл. 1).

Качество витой пары оказывает большое влияние на дальность связи и максимальную скорость обмена в линии.

Для того, чтобы убедиться, что линия обладает достаточной длиной и может считаться линией передачи, существует несколько правил. Общее правило гласит, что негативные воздействия в линии передач начинают проявляться, если время нарастания сигнала менее 4-кратной односторонней задержки распространения в кабеле. Но на относительно низких скоростях обмена (до 19200 бит/с) основное влияние на допустимую длину линии связи оказывает активное сопротивление кабеля.

Экспериментальным путем установлено, что на расстояниях до 500 м допускается использовать кабель с медной жилой сечением 0,35 мм, на большие расстояния сечение кабеля необходимо пропорционально увеличить.

Таблица 1. Зависимость скорости обмена от длины линии связи

Скорость обмена, бит/с	Длина линии, м
38 400	1 200
57 600	1 000
76 800	750
115 200	500
230 400	250
460 800	125
921 600	62

Таким образом, нельзя передать данные со скоростью 10 Мбит/сек по линии длиной 1200м. Чем больше длина кабеля, тем меньше скорость обмена.

5. Подключение терминаторов и отводы линии связи

Согласующие резисторы – терминаторы – Rt1 и Rt2 должны подключаться к линии связи в двух наиболее удаленных друг от друга местах подключения единиц нагрузки. Сопротивление каждого согласующего резистора должно совпадать с волновым сопротивлением применяемого кабеля (от 100 до 120 Ом).

Данная методика терминирования называется двунаправленной и позволяет добиться низкой степени искаженности сигнала. Использование этой методики позволяет разместить драйверы в любом месте сети. Эта методика является, самой надежной технологией терминирования сетей RS-485.

Длинные ответвления (отводы) L – см.рис.3 от магистрали до периферийных устройств не допускаются. Стандарт исходит из предположения, что длина шлейфа равна нулю, но на практике этого достичь невозможно (небольшой шлейф всегда имеется внутри любого периферийного устройства, например, от клеммы до микросхемы приемопередатчика).

Еще один вопрос из области терминирования – что делать с неиспользуемыми проводниками кабеля? Неиспользуемые проводники, подверженные авторезонансу, наводят помехи на провода передачи данных. Необходимо выполнить терминирование обоих концов неиспользуемого проводника на землю с использованием резисторов (двухнаправленное терминирование). Сопротивление терминального резистора должно равняться волновому сопротивлению линии.

6. Подключение цепей защитного смещения

Разработчик системы на базе данных приемников и формирователей должен учитывать возможность возникновения ситуации, когда все формирователи окажутся переведенными в пассивное состояние. В этом случае ни один приемник не будет распознавать какого-либо устойчивого логического состояния.

При прекращении передачи данных в сети, состоящих из множества передатчиков, подключенных к одному каналу связи, линейные драйверы переходят в «третье состояние» (т.е. отключенное состояние). В результате линейные приемники, прослушивая сеть, могут регистрировать ложные данные.

Для разрешения указанной проблемы разработчиком в приемопередающих узлах RS-485, должны быть предприняты специальные меры. Приемопередатчики узлов RS-485 должны быть оснащены цепями смещения выхода формирователя. По такому принципу построены приемопередатчики RS-485 всех приборов предприятия МИКРОЛ. При этом после перевода всех формирователей, входящих в состав сети, в пассивное (высокоимпедансное) состояние в линии связи будет поддерживаться уровень, соответствующий состоянию OFF (ВЫКЛЮЧЕНО).

Более полезным может оказаться применение нескольких высокоомных резисторов, распределенных по узлам сети, чем двух резисторов с меньшим сопротивлением, установленных на конце линии.

Следует обратить внимание на ситуацию, когда питание подается на узел, к которому подключены резисторы защитного смещения. Также следует задать вопрос – что произойдет третьим состоянием сети, если демонтировать узел с защитным смещением?

7. Заземление и экранирование

Для защиты от помех экран витой пары заземляется в любой точке, но только один раз: это исключает протекание больших токов по экрану из-за неравенства потенциалов “земли”. Выбор точки, в которой следует заземлять кабель, не регламентируется стандартом, но, как правило, экран линии связи заземляют на одном из ее концов.

При реализации цепи сигнального заземления вторым способом соединение третьего (дренажного) проводника с сигнальным общим проводом каждого устройства должно быть выполнено через резистор небольшого сопротивления, например 100 Ом, который предназначен для ограничения блуждающих токов, когда в целях безопасности применяются другие цепи заземления.

В ряде случаев для повышения устойчивости к помехам электрического (не магнитного) характера применяется экранированный кабель передачи данных. При его использовании экран должен быть соединен с корпусом оборудования только в одной из двух наиболее удаленных точек размещения технических средств системы. Требования к средствам присоединения экрана кабеля стандартом EIA RS-485 не устанавливаются. Способ реализации цепей заземления при использовании приемопередатчиков с гальванической изоляцией показан на рис. 5.

Если рядом с кабелем имеются силовые сильноточные кабели, то необходимо использовать экранированный кабель. Например, если искажение пакета данных или неработоспособность сети могут повлечь за собой сбой, потерю продукта или поломку оборудования, использование экранированного кабеля обойдется дешевле, чем восстановление производства.

8. Подключение устройств защиты

Схема подключения устройства подавления импульсных помех показана на рис. 5. При реализации внешних цепей защиты приемопередатчиков следует учитывать тот факт, что каждое установленное устройство подавления выбросов напряжения в линии связи вносит емкость, эквивалентную емкости кабеля длиной около 120-150 м.

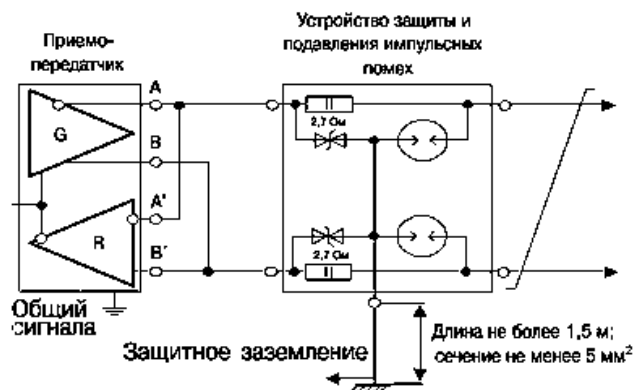


Рис.5 - Схема подключения устройства подавления импульсных помех

9. Работа сети в промышленных условиях

Разработчик системы передачи данных должен учитывать тот факт, что на качество ее функционирования могут оказывать влияние такие эффекты, как помехи, наведенные на линию связи, разность потенциалов земли в местах размещения технических средств системы, активные и реактивные потери мощности, а также отражения, которые могут иметь место при высоких скоростях обмена. Степень влияния электромагнитных помех и разности потенциалов земли зависит от условий, в которых функционирует система, и ее эффективность определяется многими факторами, в том числе сбалансированностью или симметрией, описание влияния которой приведено далее. Активные и реактивные потери зависят от качества применяемого кабеля. Отражения являются результатом внесения каждым устройством реактивных составляющих в эквивалентную нагрузку, подключенную к выходу формирователя, находящегося в активном состоянии. При этом реактивные составляющие преимущественно имеют емкостный характер. Таким образом, если не приняты специальные меры, то даже кратковременные помехи могут привести к нарушению целостности потока передаваемых данных, в том числе при низких скоростях обмена.

В сети RS-485 возможна конфликтная ситуация, когда 2 и более устройства начинают передачу одновременно. Это происходит в следующих случаях:

- в момент включения питания из-за переходных процессов устройства кратковременно могут находиться в режиме передачи;
- одно или более из устройств неисправно;
- некорректно используется так называемый "мультимастерный" протокол, когда инициаторами обмена могут быть несколько устройств.

В первых двух случаях быстро устранить конфликт невозможно, что теоретически может привести к перегреву и выходу из строя приемопередатчиков RS-485. К счастью, такая ситуация предусмотрена стандартом и дополнительная защита приемопередатчика обычно не требуется.

В последнем случае необходимо предусмотреть программное разделение канала между устройствами - инициаторами обмена, так как в любом случае для нормального функционирования линия связи может одновременно предоставляться только одному передатчику.

Заключение

Сети RS-485 не так сложны, как кажется. Перед реализацией проекта необходимо ознакомиться с некоторыми особенностями проектирования, монтажа и эксплуатации интерфейса RS-485, изложенные в данной статье.

При проектировании сети стоит обратить внимание на множество примеров, приводимых в соответствующих статьях и руководствах. Не забывайте о вопросах, непосредственно не связанных с сетью, включая электростатические разряды, помехи от источников питания, а также проблемы с заземлением.

Инженерное искусство - это просто выбор оптимальных решений.

Литература

1. EIA RS-485-1983. *Standard for differential multi-point data transmission. Electrical characteristics of generators and receivers for use in balanced digital-multipoint systems.*
2. TSB89. *Application Guidelines for TIA/EIA-485-A.*
3. ISO 8482.1994. *Information processing systems. Data communication. Twisted pair multipoint inter-connections.*
4. Goldie. J. *Ten Ways to Bulletproof RS-485 Interfaces*, AN-1057: 1996.
5. Goldie. J. *Fail-safe biasing of differential buses*, National Semiconductor Corp, AN-847: 1996.
6. True. K. *Long transmission lines and data-signal quality*. National Semiconductor Corp, AN-808: 1996.