

О КАБЕЛЯХ И РАЗЪЕМАХ

**Какую длину кабеля можно использовать для конкретной задачи?
Вопрос кажется довольно простым, однако ответ бывает достаточно сложен.**

В основном, кабели, соединяющие различные типы оборудования, должны в идеале вести себя как перемычки, это означает, что вход приемного устройства должен работать так, как будто он присоединен непосредственно к передающему устройству. К сожалению, это далеко не так. У соединительных кабелей есть свои характеристики, которые влияют на передаваемые по кабелям сигналы. Идеальный кабель должен работать как идеальная линия передачи, не влияя на сигнал. Тем не менее, кабели ведут себя по-другому.

В ухудшении сигнала из-за низкого качества кабеля играют важную роль два основных фактора:

1. Во-первых, кабели не работают как идеальные линии передачи с известным волновым сопротивлением из-за дефектов в конструкции кабеля и при его производстве. Иногда волновое сопротивление кабеля просто не совпадает с маркировкой на нем.
2. Во-вторых, из-за недостатков в конструкции вдоль кабеля возникают паразитные емкости и индуктивности, которые неблагоприятно влияют на качество сигнала.

Чем длиннее используемые кабели, тем больше неблагоприятное воздействие на передаваемый по ним сигнал. Использование кабелей лучшего качества позволяет уменьшить эту проблему. Очень популярным типом кабеля, используемого для передачи видеосигнала, является RG-59. Такой кабель хорошо подходит для коротких расстояний (метр или два), тогда выходные сигналы выглядят так, будто передатчик и приемник соединены непосредственно с помощью идеальной перемычки. На частотах композитного видео до 10 МГц высокочастотное затухание сигнала в этом кабеле составляет около 3 дБ на 100 метрах. Поэтому ухудшение не столь очевидно даже на 20 метрах. Однако на частоте 300 МГц (частоты, встречающиеся при работе с высоким разрешением или цифровым видео) затухание на 100 метрах уже около 20 дБ, что губительно для сигнала. При работе с цифровым потоковым видео (формат SDI) на скорости передачи 270 Мбит/с затухание порядка 40 дБ может иметь место на 300 метрах. Это означает ухудшение сигнала на 99% (т.е. вплоть до того, что останется только 1% от исходного сигнала!)

Эмпирические правила предотвращения проблем с кабелем

- **Используйте лучшие кабели, какие можете себе позволить.**
- **Используйте по возможности более короткие кабели.**
- **Проверьте, что волновое сопротивление кабеля на самом деле соответствует Вашим задачам.**
- **Проверьте разъемы на кабелях. Разъемы плохого качества могут привести к большим проблемам, чем сами кабели.**
- **Используйте соответствующие усилители по необходимости.**
- **Прокладывайте кабели подальше от источников электромагнитных полей: электродвигателей, силовых кабелей, передатчиков, оборудования, управляемого триодными тиристорами (регуляторы освещенности) и др.**

Длина и качество кабеля

- Для композитного видео системы PAL или NTSC можно использовать кабель типа RG-59 при расстоянии от источника видео до приемника не более 20 метров. На экране не должно быть никакого видимого ухудшения сигнала. При больших расстояниях (до 30 метров) следует использовать кабель типа RG-11. Если расстояние больше 30 метров, требуются кабели лучшего качества, такие как Belden 8281 или Belden 1694A, которые также подходят для сигналов цифрового потокового видео в формате SDI. Использование этих кабелей позволяет увеличить максимально возможное расстояние на 50% и больше.
- Для s-Video (системы Y/C, Super-VHS и Hi-8) допускается применение стандартных, недорогих кабелей при расстояниях 5...7 метров. При этом наблюдается совсем небольшое видимое ухудшение сигнала: размытие цвета и расплывчатое изображение. При использовании кабелей качества выше среднего не будет никакого ухудшения сигнала. Качество разъема s-Video, на что часто не обращают внимания, играет важную роль в конечном качестве сигнала.
- С аналоговыми смешанными видеосигналами типа Y, R-Y и B-Y или RGB необходимо обращаться очень осторожно. Если источник смешанного видеосигнала - видеоманитон или видеокамера, на расстояниях до 10 метров можно использовать кабель типа RG-59 для того, чтобы сохранить хорошее качество

(особенно для сигнала Y). При больших расстояниях, до 20...25 метров, следует использовать кабель лучшего качества: или RG-11, или подходящий кабель Belden (см. выше). Со смешанными сигналами типа сигналов RGB с видеокарты компьютера следует обращаться как с компьютерными источниками сигналов (см. ниже).

- Компьютерные видеокарты с выходными сигналами VGA, Super-VGA или XGA требуют различных подходов в зависимости от рабочего разрешения. Стандартные, общедоступные кабели VGA можно использовать при разрешении 640×480 на расстоянии до 1,5 метров. При разрешении 800×600 такие кабели можно использовать на расстояниях не больше 80 сантиметров. Для более высоких разрешений они не подходят. При разрешении 1024×768 и выше следует использовать специальные кабели VGA/XGA. Кабели наилучшего качества типа уплотненных кабелей с общей изоляцией

можно использовать на расстояниях до 10 метров, хотя и с некоторым видимым ухудшением качества сигнала. Когда речь идет о сигналах с видеокарты компьютера или о других высокочастотных сигналах, составной выходной сигнал следует передавать по коаксиальным кабелям, при этом он разделяется на индивидуальные, отдельно изолированные кабельные линии с кабелем одного из типов упомянутых выше. Для сигналов VGA/XGA необходимо использовать пять кабелей для передачи сигналов цветности Red, Green и Blue, а также синхросигналов строчной и кадровой развертки, четыре кабеля необходимы для передачи сигналов Red, Green, Blue и композитного синхросигнала. Три кабеля требуются в случаях, когда передаются сигналы Red, Blue и Green+синхросигнал, или композитный синхросигнал, который накладывается на все сигналы цветности (Red, Green и Blue).

Решение проблем, связанных с кабелем

Проблемы из-за кабеля, полностью или частично решаемые, подразделяются на несколько категорий:

- Общее затухание и ослабление сигнала из-за плохо подобранных волновых характеристик. Если Вы запитываете длинный кабель композитным видеосигналом напряжением 1 В, то можете получить на дальнем конце кабеля только около 0,9 В.
- Высокочастотные потери из-за неправильной емкости или индуктивности. Подобное высокочастотное затухание при передаче

видеосигнала может привести к ухудшению цветности от размытия до полной ее потери, уменьшению разрешения изображения и ухудшению четкости.

- Эффекты стоячей волны и отражения из-за несогласованного волнового сопротивления между схемой и кабелем. Видимым результатом подобного эффекта является звон, когда на кадровой развертке изображения появляются побочные линии, влияя, таким образом, на чистоту изображения.

Когда необходимы большие расстояния

Как мы видели ранее, длины кабеля вносят ограничения во всех форматах. Далее следуют возможные решения данной проблемы, которые подразумевают использование лучших кабелей и разъемов:

- Используйте линейные усилители для расширения диапазона.

- Используйте передатчики и приемники на витой паре для увеличения расстояния.
- Используйте оптоволоконные приемопередатчики для еще большего увеличения расстояния.
- Используйте передачу на радиочастоте (СВЧ или ВЧ) или спутниковый канал связи для очень больших расстояний.

Линейные усилители

Линейные усилители устраняют следующие недостатки использования длинных кабелей:

- Затухание общего уровня сигнала.
- Затухание высокочастотных сигналов из-за паразитной емкости и индуктивности.
- Несогласованность волнового сопротивления кабеля.

Линейные усилители должны устанавливаться как можно ближе к источнику видеосигнала для получения лучшего соотношения сигнал/шум.

Линейные усилители оснащены несколькими органами управления или регулировкой на подстроечных конденсаторах для управления уровнем сигнала. Некоторые из них используются для усиления и компенсации полного затухания сигнала, другие - для управления высокочастотными затуханиями, и называются компенсаторами или высокочастотными регуляторами. В компенсаторах применяется переменное усиление сигнала, зависящее от частоты, для выпрямления наклона частотной характеристики кабеля. Таким образом могут быть устранены искажения в кабеле. Линейные усилители помогают при не-

согласованности волнового сопротивления источника путем возбуждения в кабеле точного волнового сопротивления.

Линейные усилители различаются по своим функциям в зависимости от их использования:

- Линейные усилители для композитного видеосигнала имеют простое управление, как упомянуто выше.
- Линейные усилители для сигналов S-Video (Y/C) имеют отдельное управление для Y и C. Иногда линейные усилители Y/C сигналов имеют дополнительное управление, например, регулировку фазы сигнала цветности.
- Линейные усилители для соединения на витой паре имеют простое управление, как у линейных усилителей композитного сигнала.
- Линейные усилители для видеосигнала смешанного типа, сигналов RGB или VGA/XGA более сложные. Например, в случае с сигналами VGA/XGA, один регулировочный орган может управлять тремя различными сигналами.
- Линейные усилители для цифрового потокового видео формата SDI имеют встроенную схему двойной коррекции: компенсации и повторной синхронизации кабеля. Цифровые сигналы, кроме затухания, еще и становятся неровными при использовании длинных кабелей, в этом случае временная развертка схемы повторной синхронизации корректирует их.

С линейным усилителем приемлемого качества эффективный рабочий диапазон может увеличиться от 2 до 10 раз в зависимости от формата и используемого кабеля. Очень редко

можно даже встретить системы с линиями видеосигнала длиной 300 метров, в которых используются высококачественные кабели и один или больше последовательно включенных линейных усилителей.

Линейные усилители можно включать каскадом. Включение в цепь линейных усилителей последовательно, один усилитель на каждые 80 метров при передаче композитного видеосигнала, довольно обычное дело. При передаче смешанного сигнала или сигнала Y/C, линейные усилители должны включаться ближе друг к другу, на расстоянии 40 метров или около того, несмотря на то, что использоваться должны достаточно хорошие кабели.

Для передачи сигналов высокого разрешения с видеокарты компьютера на длинные расстояния наилучший способ - разделить составной кабель VGA/XGA на коаксиальные кабели RGB, как описано выше, и использовать коаксиальные линейные усилители. Если это невозможно, примите во внимание, что линейный усилитель должен включаться в цепь сигнала максимум каждые 10 метров, и это только при условии использования кабелей высокого качества.

Когда используется линейное усиление на больших расстояниях, часто возникают проблемы с заземлением, например, помехи от сети переменного тока и паразитные заземляющие контуры. Это происходит из-за различных потенциалов заземления между локальным и удаленным местоположением. Чтобы решить проблемы с заземлением, часто необходимы изоляция заземления и дифференциальное усиление.

Метод витой пары

Витая пара может быть самым подходящим методом передачи композитных видеосигналов на большие расстояния от 100 метров до 1 км. Подобная система включает в себя видео или аудио-видео передатчик на витой паре, который преобразует видеосигнал в сбалансированный формат с дифференциальным входом на витой паре. На конце получателя, приемник на витой паре преобразует сигнал с витой пары обратно к стандартному видеосигналу.

Можно использовать любой тип витой пары или двухпроводных кабелей, так как в большинстве случаев передатчик может увеличивать волновое сопротивление кабеля на витой паре для согласования с собственным волновым сопротивлением передатчика. Однако метод передачи с помощью витой пары зависит от качества кабеля. Низкокачественные провода витой пары, которые имеют высокую емкость или чрезмерно экранированы, ограничивают

эффективный диапазон системы. Витая пара также менее склонна к проблемам с заземлением.

Системы на витой паре, работающие на расстояниях порядка 500 метров между источником и приемником, довольно обычны. Линейные усилители, специально разработанные для применения с витой парой, расширяют рабочий диапазон применения. Эмпирическое правило гласит, что если система хорошо работает на расстоянии 500 метров, линейный усилитель, включенный в эту точку, эффективно удваивает рабочее расстояние.

Витая пара хорошо работает для композитного видео, где полоса пропускания приблизительно 5 МГц. На дальнем конце принимается сигнал хорошего качества, с насыщенной цветопередачей. Такая система не подходит для сигналов Y/C, смешанного видео или VGA, из-за высокочастотной природы таких сигналов.

Метод оптоволоконна

Для рабочих расстояний свыше 1 км рекомендуется использование оптоволоконных линий связи. Для этого электрические сигналы преобразуются в лучи света и передаются по оптоволокону. Луч света обычно инфракрасный и имеет различную длину волны. Оптоволоконная система включает в себя передатчик и приемник. Передатчик преобразует электрический сигнал в луч света, а приемник преобразует луч света обратно в электрический сигнал, например, видео.

Существуют два типа оптоволоконна, многомодовый и одномодовый. Использование

многомодовых систем с передатчиком, оптоволоконном и приемником увеличивает полезное расстояние для аналогового композитного видео до 5 км. Используя одномодовое оптоволоконно, можно увеличить этот диапазон до 25 км. Для передачи на расстояния больше 25 км специальные передающие элементы создают интенсивный лазерный луч, который можно передавать по соответствующему оптоволокону на расстояние 50 км и более. С оптоволоконном также можно использовать линейные усилители, но они гораздо сложнее.

Метод передачи на радиочастоте

Передатчики и приемники сигнала СВЧ или спутниковые системы приема-передачи данных могут расширить диапазон передачи на многие километры.

Но это совсем другая технология, и поэтому данные методы здесь не рассматриваются.

Проблемы, связанные с передачей аудиосигналов

Как было упомянуто выше, передача аудиосигналов на большие расстояния также может породить массу проблем. Система передачи аудио может передавать сигналы малой мощности (линейные, с микрофона или сбалансированные) или сигналы большой мощности, которые используются в стандартных акустических системах. Системы передачи аудиосигналов и их конструкции гораздо менее чувствительны к проблемам согласования волнового сопротивления, чем системы передачи видео.

Основные затруднения, возникающие при передаче аудио, следующие:

- Высокоемкостные аудиокабели могут перегрузить возбуждающий усилитель, и таким образом вызвать нестабильность и колебания.
- На аудиокабели могут влиять шум и помехи, что приведет к плохому качеству сигнала и низкому соотношению сигнал/шум.
- Проблемы с согласованием волнового сопротивления кабеля вызывают потерю и ухудшение сигнала.
- Качество выхода усилителя может деградировать из-за сопротивления кабеля и снижения высокого коэффициента демпфирования усилителя.

Высокоемкостные аудиокабели

Высокоемкостные аудиокабели могут вызвать ухудшение сигнала и нестабильность каскадов выходного усилителя. Чтобы избежать этих проблем, в каскадах выходного усилителя необходимо использовать стабильные микросхемы усиления, с соответствующими выходными резисторами, изолирующими усилитель от неблагоприятного воздействия кабеля.

Нагрузка на кабель должна быть высокой (низкое волновое сопротивление) и возбуждающий усилитель должен быть способен накачивать ток в кабель. Конструкция печатной платы вокруг усилителя должна устранить нестабильность, индуцированную печатной платой.

Влияние шума

Электрический шум может накапливаться в длинных проводах, вызывая тем самым ухудшение качества аудиосигнала. Проблема становится более серьезной при передаче сигналов малой мощности, например, с микрофона.

Существуют два решения данной проблемы:

Первое решение заключается в использовании кабелей хорошего качества с соответствующей экранировкой. Экранировка существенно понижает накопление шума. Такой метод применим для сигналов линейного уровня на расстояниях до 10 метров с использованием

кабелей, не прилегающих к источникам электрического шума (см. выше).

Другое решение, обычно используемое в широкополосных системах, состоит в использовании системы сбалансированных проводов. В типичной системе используется трехпроводная конструкция - два провода для сигналов противоположной полярности и третий, заземляющий и/или экранирующий провод. Таким методом на выходе достигается очень чистый сигнал, хотя такая система и стоит дороже из-за более сложной электронной схемы. При использовании балансной схемы расстояние

уверенной передачи сигнала линейного уровня может быть эффективно увеличено до 100 метров, опять же с использованием кабелей, не прилегающих к источникам электрического шума (см. выше).

Сигналы с микрофона напряжением несколько милливольт более чувствительны к внешнему влиянию. Эффективное расстояние передачи микрофонных сигналов низкого уровня при использовании системы сбалансированных проводов составляет 10...15 метров (в десять раз больше, чем при использовании простых

несбалансированных экранированных проводов). Очень часто в наши дни для того, чтобы улучшить соотношение сигнал/шум, применяется хитрый метод. Уровень сигнала приподнимается для того, чтобы увеличить соотношение сигнал/шум. Этот метод основывается на предположении, что внешнее воздействие постоянно. В прошлом, уровни аудио/видеосигнала величиной 1 В были нормой. Сегодня, уровни сигнала 6-30 В, передающиеся по системе сбалансированных аудиопроводов, стали обычным делом.

Затухание и ухудшение сигнала из-за волнового сопротивления кабеля

Кабели вносят определённое сопротивление в цепь прохождения сигнала. Иногда резистивная часть этого составного волнового сопротивления очень велика, что создает делитель напряжения с сопротивлением нагрузки. В результате имеем ухудшение уровня сигнала. Схема активного усиления компенсирует изменения уровня сигнала, в ней сигнал усиливается, и или на приемнике, или, что предпочтительней, на передатчике, он может

быть точно отрегулирован пользователем с помощью внутреннего или внешнего управления. В некоторых случаях определенные полосы пропускания в пределах спектра аудиосигнала ослабляются из-за емкости кабеля. Это обычно влияет именно на высокочастотный диапазон. Чтобы преодолеть эту проблему, в цепь сигнала должен быть включен полосовой усилитель или эквалайзер.

Деградация качества выхода усилителя из-за резистивного сопротивления кабеля

В акустической системе с усилителем кабеля, ведущие к усилителю, если они имеют недостаточное сечение, создают с сопротивлением динамика делитель напряжения, уменьшая уровень сигнала. С этой проблемой можно разобраться с помощью регулятора громкости на усилителе. Гораздо более серьезная проблема состоит в

снижении коэффициента демпфирования усилителя из-за сопротивления кабеля. В результате имеем ухудшение качества и звук как из бочки. Использование проводов с большой проводимостью и низкой емкостью помогает преодолеть эту проблему.

Заключение

Кабели и передача сигналов на большие расстояния могут быть серьезной проблемой, но понимание физической природы таких проблем,

точное определение своих задач и использование приемов, описанных выше, помогут хорошо сделать любую работу, даже на больших расстояниях.