

# О дружбе сигналов и кабелей

Д-р Джозеф Крамер, Сергей Дмитренко

**В** идеале кабели, соединяющие различные типы оборудования, должны вести себя как переключки. 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 важную роль играют два основных фактора. Во-первых, кабели не работают как идеальные линии передачи с известным волновым сопротивлением из-за дефектов в конструкции кабеля и погрешностей при его производстве. Иногда волновое сопротивление кабеля просто не совпадает с маркировкой на нем. А 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.

Kramer Electronics выпускает множество кабелей для любых нужд AV-индустрии. Ниже приведены примеры некоторых из них; полный перечень можно найти к каталоге Kramer или на сайтах [www.kramerelectronics.com](http://www.kramerelectronics.com) (на английском языке) или [www.kramer.ru](http://www.kramer.ru) (по-русски).

## Предотвращение проблем с видеокабелями

### Длина и качество кабеля

Для композитного видео системы PAL или NTSC можно использовать кабель типа RG-59 или RG-6 (Kramer BC-1x59 или BC-1X) при расстоянии от источника видео до приемника не более 50...100 м. На частоте 10 МГц (композитный видеосигнал – реально до 5,8 МГц) высокочастотное затухание сигнала в таком кабеле составляет около 3 дБ на расстоянии 100 м. На экране не должно быть никакого видимого ухудшения сигнала. Ухудшение не столь очевидно даже на 200 м. При больших расстояниях – до 200...300 м – следует использовать более толстый кабель типа RG-11.

Для S-Video (системы Y/C, Super-VHS и Hi-8) допускается применение стандартных недорогих кабелей, если расстояние передачи не превышает 5...10 м. При этом наблюдается совсем небольшое видимое ухудшение сигнала: «размытие» цвета и расплывчатое изображение. При использовании кабелей качества выше среднего (Kramer C-SM/SM) не будет никакого ухудшения сигнала. Качество разъема S-Video, на что часто не обращают внимания, играет важную роль в конечном качестве картинки.

С аналоговыми видеосигналами типа Y, R-Y и B-Y (YPbPr) или RGB (VGA) необходимо обращаться очень осторожно (особенно для режимов HDTV). Если источник смешанного видеосигнала – проигрыватель или видеокамера, то для того, чтобы сохранить хорошее качество (особенно для сигнала яркости Y), на небольших расстояниях можно использовать кабели малого диаметра (Kramer C-R3VM/R3VM, BC-3X), на расстояниях до 30...50 м лучше применить кабель типа Kramer BC-1x59 или BC-1X. При больших расстояниях рекомендуется использовать другие среды передачи (например, витую пару или оптику, о чем речь ниже).



Кабель типа Kramer BC-1

Компьютерные видеокарты с выходными сигналами VGA, UXGA, WUXGA и более высокого разрешения требуют различных подходов. Современные общедоступные кабели VGA (из комплекта видеомонитора) можно использовать при разрешении 640x480...1024x768 на расстоянии до 3...5 м. При разрешении 1600x1200 такие кабели можно использовать на расстояниях не больше 1,8 м. Для более высокого разрешения они практически не подходят. Кабели наилучшего качества типа уплотненных кабелей с общей изоляцией (например, Kramer C-GM/GM) можно использовать на расстояниях до 20...30 м, хотя и с некоторым видимым ухудшением качества сигнала при максимальной разрешающей способности. 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 (H и V), для этого хорошо подходит кабель Kramer BC-5X и BC-5x26.

При работе с цифровым последовательным сигналом видео (SDI) на скорости передачи 270 Мбит/с затухание порядка 40 дБ может иметь место уже на 300 м кабеля типа Kramer BC-1X. Это означает уменьшение амплитуды ВЧ-составляющих сигнала на 99% (то есть фронты импульсов в сигнале «развалятся» настолько, что цифровой сигнал уже не удастся восстановить на приемной стороне). Поэтому SDI таким кабелем стоит передавать на 200...270 м. Естественно, для сигналов HD-SDI и 3G-SDI эффективные расстояния уменьшаются до 40...70 м из-за их на порядок более широкого спектра. Для больших расстояний передачи рекомендуется переходить на волоконно-оптические линии связи.

Видеоинтерфейсы DVI и HDMI требуют специализированных кабелей, выполненных на основе экранированной витой пары. Расстояние передачи не оговорено в стандартах и существенно зависит как от качества кабелей, так и от того, насколько удачно согласуются источник и приемник сигнала. Практика показывает, что стандартные кабели DVI и HDMI (Kramer C-DM/DM, C-HM/HM) передают сигналы 1600x1200, 1920x1200 и Full HD (1080p60) на расстояние около 5 м. Улучшенные кабели класса High Speed передают такие сигналы на 10...15 м (Kramer C-HM/HM/ETH, C-HM/HM/FLAT/ETH). При работе в режиме DeepColor (36 бит) или с повышенными разрешениями (например, 4K) те же кабели High Speed смогут передать сигнал от силы на 5...7 м. Для преодоления больших расстояний следует использовать решения на витой паре или на оптике.

Видеоинтерфейс DisplayPort работает с разрешением Full HD и одним дисплеем по стандартному кабелю длиной до 15 м (Kramer C-DPM/DPM). Этот интерфейс может работать и с несколькими дисплеями, и с повышенным разрешением и глубиной цвета, однако это требует пропорционального сокращения длины кабеля. Оптические решения помогают преодолевать эти ограничения.

## Проблемы, связанные с кабелем

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

- ◆ общее затухание и ослабление сигнала. Для композитного видеосигнала напряжением 1 В на дальнем конце кабеля можно получить, например, только 0,9 В;
- ◆ высокочастотные потери из-за емкости и индуктивности кабеля. 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;
- ◆ для цифровых видеосигналов (SDI/HD-SDI, DVI/HDMI и др.) эти потери проявляются в «выпадениях» сигнала и срыве синхронизации, а также в полном пропадании картинки («эффект цифрового обрыва»).

## Когда необходимы большие расстояния

Как отмечалось выше, длина кабеля имеет предельное значение при передаче любых сигналов. Все возможные решения данной проблемы всегда подра-

зумевают использование качественных кабелей и разъемов, и тут есть несколько рекомендаций:

- ◆ используйте линейные усилители для аналоговых видеосигналов;
- ◆ используйте повторители с восстановлением тактовой частоты (re-clocking) и частотной коррекцией для цифровых сигналов;
- ◆ используйте передатчики и приемники на витой паре;
- ◆ используйте оптоволоконные приемопередатчики для еще большего увеличения расстояния и решения проблем с помехами, контурами электропитания и петлями заземления.

Kramer Electronics выпускает множество приборов для решения таких проблем. Ниже приведены примеры некоторых из них.

Линейные усилители для аналоговых сигналов:

- ◆ для композитного видео (CV) – 101L, PT-102VN;
- ◆ для S-Video – PT-102SN;
- ◆ для YpBPr – VM-30CA;
- ◆ для VGA (XGA, UXGA, WUXGA, Y/Pb/Pr с переходниками) – VP-2L, VP-210K, VP-200xIn;
- ◆ для стереоаудио: PT-102A (несимметричный), VM-3AN (симметричный).

Повторители для цифровых сигналов:

- ◆ для SDI, HD-SDI, 3G-SDI – VM-2HDxI;
- ◆ для DVI – PT-101HDCPxI;
- ◆ для HDMI – PT-101HxI, PT-101H4;
- ◆ для DisplayPort – VM-2DP.

## Метод передачи по витой паре

Витая пара может быть самым подходящим методом передачи видеосигналов на большие расстояния – от 50 м до 1 км. Подобная система включает в себя передатчик сигналов видео или видео и звука по витой паре, который преобразует видеосигнал в симметричный с дифференциальным выходом на витую пару. На другом конце приемник преобразует сигнал с витой пары обратно в стандартный видеосигнал. Требования к кабелю типа «витая пара» могут отличаться для разных типов сигналов, конкретные расстояния работы оговариваются в характеристиках соответствующих приборов.

Приборы Kramer для передачи по витой паре:

- ◆ для композитного видео (CV) – пара 713 + 714;
- ◆ для CV, S-Video – пара TP-9 + TP-10;
- ◆ для YpBPr – пара TP-45 + TP-46;
- ◆ для VGA (XGA, UXGA, WUXGA, YPbPr с переходниками) – PT-110EDID, VP-200xItHD (передатчики), TP-120, TP-202 (приемники) (полный ассортимент включает приемники и передатчики с многими входами, выходами, проходными выходами, с передачей аудио и управления по RS-232 в различных сочетаниях);
- ◆ для FireWire – TP-330FW;
- ◆ для DVI – пары TP-953 + TP-954, PT-571HDCP + PT-572HDCP+;
- ◆ для HDMI – пары PT-561 + PT-562, PT-



# ВАША ЗАДАЧА НАШЕ РЕШЕНИЕ

## Универсальный полиэкранный процессор MV-6

- 6 изображений на одном экране
- любые размеры окон и их положение на экране
- быстрое переключение между режимами и вызов предустановок
- все входы и выходы HD-SDI с поддержкой 3G, разрешение до 1080p/60
- контрольный монитор и удобные органы управления на передней панели
- дополнительные выходы HDMI и CV



WWW.KRAMER.RU  
WWW.KRAMERELECTRONICS.COM



Приборы Kramer TP-45 и TP-46



Пара 610T + 610R (вверху) и повторитель 648



Пара 690T + 690R

571 + PT-572+, TP-573 + TP-574 (полный ассортимент включает приемники и передатчики с многими входами, выходами, проходными выходами, с передачей аудио и управления по ИК и RS-232 в различных сочетаниях).

### Метод передачи по оптоволокну

Для больших расстояний рекомендуется использование волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). В этом случае электрические сигналы преобразуются в лучи света и передаются по оптоволокну. Луч обычно формируется в инфракрасном диапазоне и имеет различную длину волны. Оптоволоконная система включает в себя передатчик и приемник. Передатчик преобразует электрический сигнал в луч света, а приемник конвертирует луч света обратно в электрический сигнал, например, видео.

Существуют два типа оптоволоконной системы: многомодовая и одномодовая. Различные типы приборов работают на разных типах оптоволоконной системы и работать на «чужом» типе не будут. Многомодовые ВОЛС обычно действуют на расстояниях 300...5000 м, одномодовые могут «пробивать» расстояния до 10...50 км. Конкретные расстояния оговариваются в характеристиках соответствующих приборов.

Некоторые решения являются гибридными, в них используется как ВОЛС, так и медные жилы для передачи служебных сигналов. Такие решения не обеспечивают гальваническую развязку между сторонами и менее устойчивы к помехам, действуют на меньших расстояниях, однако зачастую получаются дешевле чисто оптических решений.

Приборы Kramer для передачи сигнала по оптике:

- ♦ для композитного видео (CV) – пара 611T + 611R;

- ♦ для FireWire – TP-330FW, 648;
- ♦ для SDI, HD-SDI, 3G-SDI – пары 613T + 613R, 690T + 690R, 673T + 673R;
- ♦ для DVI – C-4FDM/4FDM (гибридный кабель), C-AFDM/AFDM (оптический кабель), пары 610T + 610R, 602T + 602R, 671T + 671R;
- ♦ для HDMI – C-FODM/FODM (гибридный кабель), пары 670T + 670R;
- ♦ для DisplayPort – C-FODPM/FODPM (гибридный кабель).

### Проблемы, связанные с передачей аналоговых аудиосигналов

Как было упомянуто выше, передача аудиосигналов на большие расстояния также может породить массу проблем. Передавать можно сигналы малой мощности (линейные, с микрофона или симметричные) или сигналы большой мощности, для акустических систем. Системы передачи аудиосигналов гораздо менее чувствительны к проблемам согласования волнового сопротивления, чем системы передачи видео.

### Основные затруднения, возникающие при передаче звуковых сигналов:

- ♦ высокоемкостные аудиокабели могут перегрузить выход усилителя, и таким образом вызвать нестабильность и колебания;
- ♦ на аудиокабели для линейных и микрофонных сигналов могут влиять шум, фон переменного тока и помехи, что приведет к плохому качеству сигнала и низкому соотношению сигнал/шум. Для резкого снижения влияния этих факторов вместо несимметричных линий (на разъемах RCA или «джеках») следует использовать симметричные линии связи (разъемы XLR или Phoenix). В любом случае надо применять кабели с качественной экранировкой;

- ♦ фон переменного тока может появляться из-за паразитных петель заземления и проблем с электропитанием аппаратуры. В этих случаях может помочь гальваническая развязка типа Kramer TR-1A, TR-2A;
- ♦ качество сигнала может ухудшаться из-за сопротивления кабеля и снижения коэффициента демпфирования усилителя мощности. Разветвленные и протяженные системы аудиотрансляции удобно делать на основе 70- или 100-вольтных акустических систем; при этом по акустическим кабелям текут значительно меньшие токи, что приводит к уменьшению потерь сигнала.

Все эти проблемы более или менее решаемы. Следует использовать кабели, специально рассчитанные на передачу соответствующих сигналов, а также электронные приборы (усилители, приемники) «правильной» конструкции. Некоторые из широкого ассортимента выпускаемых Kramer кабелей перечислены ниже:

- ♦ для микрофонных сигналов – C-XLQM/XLQF (разъемы XLR);
- ♦ для симметричных сигналов линейного уровня – C-XLQM/XLQF (разъемы XLR), BC-1T, BC-2T (в бухтах);
- ♦ для несимметричных аудиосигналов – C-2RAM/2RAM (разъемы RCA), C-A35M/2RAM (разъемы 3,5 мм/RCA), C-A35M/A35M (разъемы 3,5 мм);
- ♦ для акустических систем: BC-2S (в бухтах).

### Заключение

Передача сигналов на большие расстояния может стать серьезной проблемой, но понимание физической природы возникновения таких проблем, точная постановка задач, правильный выбор кабелей и использование приемов, описанных выше, помогут преодолеть возникающие трудности. ■