

*ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
РАБОТНИКОВ ТЕЛЕВИДЕНИЯ И РАДИОВЕЩАНИЯ*

П. П. ОЛЕФИРЕНКО

*ТЕХНОЛОГИЯ
НЕЛИНЕЙНОГО ВИДЕОМОНТАЖА*

Учебное пособие

Москва

2009

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

	Введение	
1	Телевизионные стандарты	
1.1	Разновидности телевизионных стандартов.....	
1.2	Передача цвета в телевидении.....	
	<i>Вопросы для самопроверки</i>	
2	Цифровые сигналы в телевидении	
2.1	Типы телевизионных разверток.....	
2.2	Сжатие цифрового потока – основа цифрового телевидения.....	
	<i>Вопросы для самопроверки</i>	
3	Принципы формирования изображения в устройствах отображения	
	<i>Вопросы для самопроверки</i>	
4	Стандарты ТВЧ	
	<i>Вопросы для самопроверки</i>	
5	Форматы магнитной видеозаписи	
5.1	Аналоговые форматы видеозаписи.....	
5.2	Цифровые форматы видеозаписи.....	
5.3	Дисковые видеорекордеры.....	
5.4	Формат видеозаписи на неподвижном носителе.....	
	<i>Вопросы для самопроверки</i>	
6	Структура монтажной системы	
6.1	Системы линейного видеомонтажа.....	
6.2	Системы нелинейного видеомонтажа.....	

6.3	Одно- и двухпоточная архитектуры систем нелинейного видеомонтажа
	<i>Вопросы для самопроверки</i>
7	Требования к элементам системы видеомонтажа.....
7.1	Форматы компьютерных файлов
7.2	Характеристики накопителей. Способы организации хранения видеоданных.....
	<i>Вопросы для самопроверки</i>
8	Интерфейсы передачи данных
8.1	Аналоговые видеоинтерфейсы.....
8.2	Цифровые видеоинтерфейсы
8.3	Интерфейсы ТВЧ.....
8.4	Интерфейсы управления.....
8.4.1	Преобразование интерфейсов.....
	<i>Вопросы для самопроверки</i>
9	Импорт и экспорт видеофайлов
9.1	Захват сигналов внешних источников.....
9.2	Экспорт видеофайла.....
	Литература.....

Введение

Телепрограмма состоит из отдельных видеофрагментов, сцен и кадров, связанных между собой определенной идеей и в совокупности выражающих творческий замысел авторов. Процесс объединения фрагментов программы с целью реализации поставленной задачи называется видеомонтажом или просто монтажом. Монтажу свойственны как технические, так и творческие аспекты.

Так исторически сложилось, что в зависимости от технологических возможностей оборудования способы монтажа разделились на два вида – линейный монтаж и нелинейный.

При использовании видеоманитофонов различные фрагменты в нужном порядке воспроизводятся с одного или с нескольких видеоплейеров и последовательно, т.е. линейно (отсюда термин «линейный монтаж») записываются на другом видеоманитофоне. Сама идея линейного монтажа простая, но возникает проблема обеспечения синхронного перехода от одного фрагмента к другому, так чтобы не было никаких искажений. В случае использования видеоманитофонов монтаж называется линейным, а монтаж в компьютерных системах называется нелинейным. Особого смысла термины линейный и нелинейный не отражают и используются в большей степени для обозначения двух технологий. Техническая сторона видеомонтажа связана с процессами организации прохождения различных сигналов в системе, с правильной работой совокупности разностандартной и разноформатной аппаратуры.

Технология нелинейного видеомонтажа включает выполнение следующих операций:

- 1) собираются исходные материалы (фрагменты) на различных носителях – видеокассетах, DVD-дисках, CD-дисках и др. Исходные материалы с точки зрения электрического описания могут быть представлены в разных телестандартах и форматах записи, с различными пространственными и временными характеристиками. В дополнение к внешним материалам в компьютере могут быть файлы с подготовленными рисунками, фотографиями, графикой и др. Процесс загрузки имеющихся файлов в программу монтажа называется импортом;
- 2) носители устанавливаются на соответствующие воспроизводящие устройства (видеоплейеры/видеоманитофоны, проигрыватели и др.) и посредством электрических сигналов исходные материалы передаются в

компьютер, где сохраняются в виде файлов. Процесс передачи информации с внешних источников в компьютер называется захватом или оцифровкой. Чтобы компьютер воспринял электрические сигналы, его необходимо соединить специальными кабелями с внешними устройствами, он должен быть соответствующим образом настроен.

Для копирования с видеомэгнитофона в компьютер и наоборот, необходимо иметь возможность средствами программы монтажа (например, **Adobe Premiere Pro 2.0**) управлять режимами работы видеомэгнитофона и параметрами выходных сигналов компьютера. Управление осуществляется через соответствующие интерфейсы;

3) после того, как все исходные материалы преобразованы в соответствующие файлы, производится непосредственно монтаж с помощью различных инструментов программы, основные из которых: временная линейка или окно монтажа, окно проекта с исходными файлами, окна мониторов для просмотра исходных материалов и монтируемой программы, аудио и видео эффекты;

4) смонтированная программа сохраняется в виде итогового файла. Процесс сохранения называется экспортом. Для дальнейшего использования итогового файла его необходимо скопировать на определенный носитель (видеокассета, диск DVD). При выборе носителя необходимо определиться с соответствующими телестандартом и форматом сохранения;

5) для копирования итогового файла на внешнее устройство компьютер устанавливается в такой режим, чтобы на его выход подавались сигналы изображения и звука, соответствующие стандарту и формату внешнего записывающего устройства.

Мастерство видеомонтажа предусматривает выполнение трех условий:

- овладение инструментом (программа, управление аппаратурой);
- освоение творческих аспектов;

– обеспечение высокого качества изображения и звука.

В пособии рассматриваются технические и технологические аспекты работы монтажной системы. Без знания технологии монтажа невозможно научиться эффективно и качественно создавать телевизионные сюжеты.

Основная часть излагаемого материала справедлива для систем монтажа любого типа, но некоторые вопросы иллюстрируются на примере программы монтажа **Adobe Premiere Pro 2.0**.

Пособие соответствует учебным планам ИПК и предназначено для слушателей курсов видеомонтажа, техники телевидения, телережиссуры, а также для самостоятельного освоения видеомонтажа.

1. Стандарты ТВ

Все, что делается монтажными системами, связано с телевидением и должно соответствовать требованиям телевизионной системы, поэтому необходимо знать основные принципы работы телевизионной системы. Они следующие. Изображение объекта с помощью объектива фокусируется на светочувствительный преобразователь свет/сигнал, состоящий из большого числа условных или реальных маленьких светочувствительных элементов (пикселей). Каждый элемент создает электрический сигнал с уровнем, пропорциональным интенсивности падающего на него света. В результате на поверхности преобразователя образуется распределение уровня сигнала, соответствующее распределению яркости света на изображении сфокусированного объекта. Сумма всех элементарных сигналов от отдельных элементов представляет собой электрический сигнал изображения или видеосигнал. Если передавать по каналу связи последовательно сигналы от отдельных элементов, а затем преобразовывать в соответствующие светящиеся элементы воспроизводить, то при достаточно высокой частоте их передачи из-за инерционности зрения человек будет воспринимать слитно все изображение. Порядок передачи отдельных сигналов с пикселей организуется построчно и покадрово, т.е. изображение

представляется в виде отдельных кадров и передача сигналов идет последовательно с каждого пиксела по строке и от строки к строке, от кадра к кадру. Такой способ называется строчной разверткой (более точно прогрессивной разверткой). Точно также построчно формируется изображение на экране видеомонитора (телевизора). Совокупность строк составляют телевизионный растр.

При реализации телевизионной системы с необходимой частотой кадров 40-50 кадров/с, возникают серьезные технические проблемы, связанные с большой шириной полосы частот видеосигнала. Преодолеваются эти проблемы следующим образом. При частоте кадров около 20-30 Гц каждый кадр передается дважды, но за более короткое время. В результате кадр делится на два так называемые поля, причем первое поле содержит только нечетные строки, а второе – только четные. Рис. 1 иллюстрирует идею представления кадров через поля для случая частоты кадров 25 Гц.

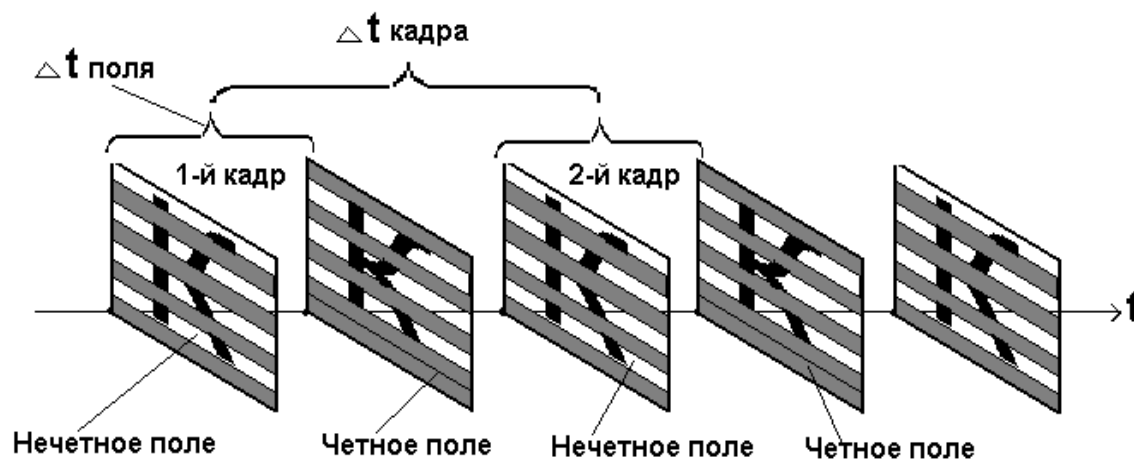


Рис.1. Телевизионные поля и кадры. Нечетное поле состоит из нечетных строк (1, 3, 5...), четное из четных (2, 4, 6...). Длительность кадра $\Delta t_{\text{кадра}} = 1/25$ с; длительность поля $\Delta t_{\text{поля}} = 1/50$ с.

В процессе развертки сначала передаются нечетные строки, а потом четные. Такая развертка называется чересстрочной. Из-за инерционности зре-

ния зритель воспринимает два поля как один кадр изображения (рис.2). Таким образом, изображение делится (дискретизируется) во времени на поля,

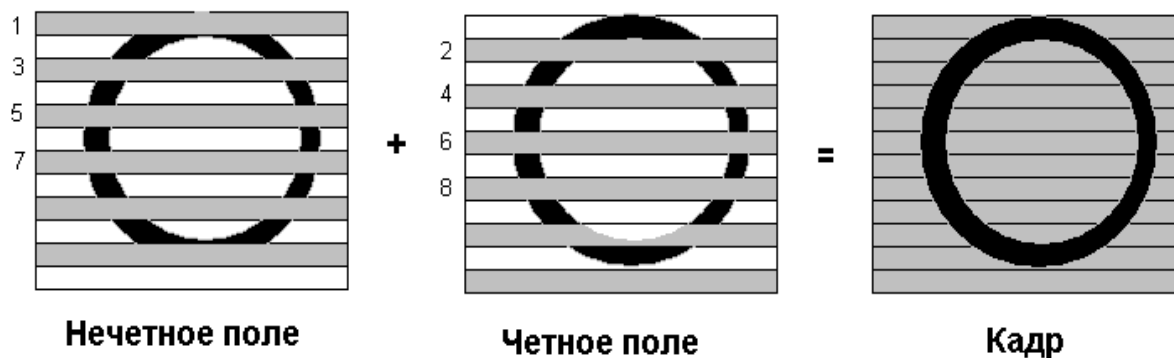


Рис.2. Деление кадра на два поля.

а каждое поле (в пространстве) дискретизируется на строки. Из-за инерционности зрения телезритель воспринимает изображение слитно, хотя оно является суммой нечетных и четных строк и двух полей.

Основными характеристиками телевизионной системы являются параметры разложения изображения, а именно число кадров или полей, и число строк на кадр. В начальный период развития телевидения частота полей была принята равной частоте переменного напряжения в сети питания, т.е. 50 Гц или 60 Гц. Этого достаточно для устранения мельканий изображения, но самое главное, позволяло упростить конструкцию телевизоров. Для просмотра статических изображения без мельканий, а подвижных без прерываний на расстоянии равном 5-6 высот экрана телевизора, частота кадровой развертки в телевизионной системе должна быть не менее 25 Гц. Компьютерные мониторы находятся близко от наблюдателя, поэтому частота кадровой развертки в них устанавливается от 60 Гц и выше.

1.1 Разновидности телевизионных стандартов

Телевизионным стандартом (далее телестандартом) называется совокупность требований на основные параметры, характеристики и способы

преобразования видеосигнала телевизионной системы. Телестандарты делятся на аналоговые и цифровые. Некоторые параметры основных аналоговых телестандартов приведены в табл. 1 .

Таблица 1

Наименование теле- стандарта	Размер кадра, пикселей/строк	Полоса ви- деоканала, МГц	Частота кад- ров, Гц
NTSC-M/3,58/4,43	720x480	4,2	29,97
SECAM D/K	720x575	6	25
PAL B/C/G/H/I/D/L	720x575	5/5/5/5/5,5/6/6	25

Телестандарты, относящиеся к разным частотным диапазонам вещания обозначаются латинскими буквами от **A** до **N**. В России принят стандарт **SECAM D/K** (первая буква относится к диапазону метровых волн, вторая - дециметровых), во Франции - **SECAM E/L**, Германии - **PAL B/G**, Англии - **PAL A/I**, в США, Японии - **NTSC M/M**.

Отметим, что с точки зрения модуляции радиосигналов отличий между **PAL B/G** и **SECAM D/K** нет. Это позволяет использовать телевизионный тюнер **PAL B/G** для выделения российского **SECAM D/K** из высокочастотного сигнала. Полученный при этом сигнал необходимо подавать на телевизор с декодером **SECAM D/K**.

Число строк в кадре определяет качество изображения. Но сколько бы их ни было, при близком рассмотрении всегда можно увидеть строчную структуру изображения. Однако при удалении от экрана глаз перестает замечать отдельные строки, и изображение кажется сплошным. В этом проявляется еще одно свойство зрения – ограниченное угловое разрешение. Суть его заключается в том, если угол под которым видны две тонкие линии менее одной угловой минуты, то две линии визуально становятся неразличимы. Из этого следует, что число строк должно быть таким, чтобы

при определенном удалении от экрана строки были неразличимы. Основанные на этом свойстве расчеты показывают, что оптимальным расстоянием до телевизора является расстояние в 5-6 раз больше высоты экрана телевизора. Учитывая реальные размеры экрана и угловое разрешение зрения можно показать, что число строк разложения должно быть не менее 400. Это число является основным качественным критерием телевизионных систем, по которому они делятся на системы стандартной четкости - число строк 525 или 625, системы высокой четкости – около 1200 строк. В России узаконена система 625 строк/25 кадров (50 полей).

1.2 Передача цвета в телевидении

В соответствии с представлениями трехкомпонентной теории цветного зрения для получения цветного изображения на экране телевизора необходимо формировать и передавать с телевизионного центра три сигнала, соответствующим трем основным цветам – красному **R**, зеленому **G**, синему **B**. При этом необходимо обеспечить совместимость систем цветного и черно-белого телевидения, определяемой как возможность принимать черно-белым телевизором цветное изображение (разумеется, в черно-белом варианте), а цветным телевизором принимать черно-белое изображение. Чтобы обеспечить совместимость необходимо передавать еще и четвертый сигнал черно-белого изображения, называемый сигналом яркости **Y**. Сигнал яркости формируется как сумма сигналов трех цветов с определенными коэффициентами. Поэтому если передать информацию только об **Y** и о двух других цветах, например **R** и **G**, то в приемном устройстве информацию о синем цвете **B** можно получить путем вычитания из **Y** соответственно **R** и **G**. Таким образом, сокращается число передаваемых сигналов из четырех до трех. Кроме этого в основных цветах содержится информация о яркости объекта, поэтому для дальнейшего упрощения формируются сигналы **R-Y**, **G-Y**, **B-Y**. Из этих трех цветовых разностей используют **R-Y** и **B-Y**, поскольку искажения этих цветов менее

заметны для глаза. Итак, для передачи полной информации о цветном изображении с обеспечением совместимости систем достаточно формировать и передавать три сигнала: Y , $R-Y$ и $B-Y$.

В соответствии с описанным выше, преобразование оптического изображения в видеосигнал осуществляется следующим образом (рис.3).

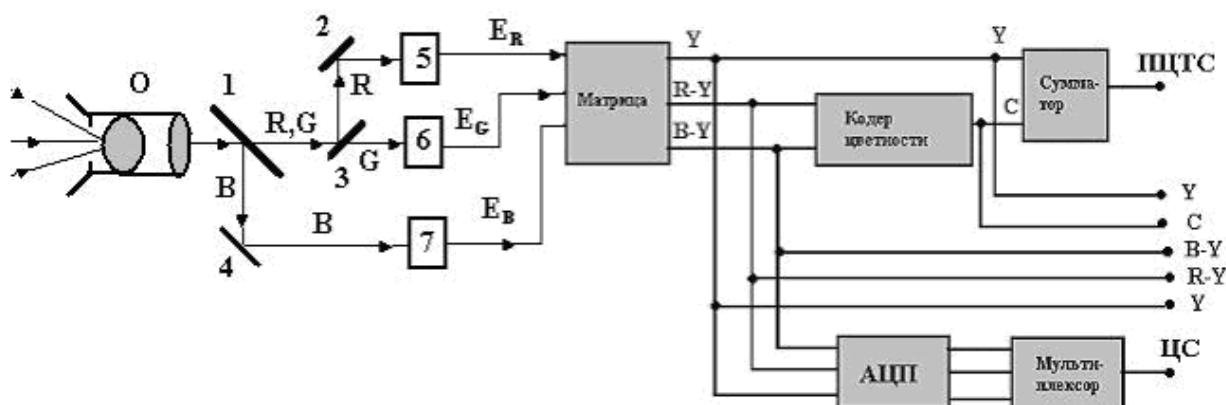


Рис.3. Принцип формирования телевизионных сигналов. О – объектив, 1, 3 – дихроичные зеркала, 2, 4 – зеркала, 5, 6, 7 – преобразователи свет/сигнал, E_R , E_G , E_B – сигналы красного, зеленого и синего цветов, Y , $R-Y$ и $B-Y$ – сигналы яркости и цветоразностные $R-Y$ и $B-Y$, C – сигнал цветности, ПЦТС – полный цветовой телевизионный сигнал, АЦП – аналого-цифровой преобразователь, ЦС – цифровой сигнал.

Изображение объекта фокусируется объективом и с помощью специальных полупрозрачных дихроичных зеркал разделяется на три цветных изображения. Зеркало 1 отражает синюю составляющую и пропускает красную и зеленую. Зеркало 4 только изменяет направление синего луча и направляет его в соответствующий преобразователь свет/сигнал 7. Зеркало 3 отражает красную составляющую, но пропускает зеленую. Все цветовые составляющие света в преобразователях свет/сигнал преобразуются в сигналы E_R , E_G , E_B , пропорциональные яркостям красного, зеленого и синего изображений каждого отдельного элемента (пиксела). Их также называют сигналами R , G , B , хотя это не совсем точно. Сумма этих сигналов с опре-

деленными коэффициентами дает сигнал черно-белого изображения $Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B$. Изменяя одновременно уровни сигналов R, G, B можно получать различные градации яркости экрана телевизора от белого до черного. Для упрощения каналов передачи телевизионной системы используются не сигналы R, G, B , а сигналы яркости Y (или E_y) и цветоразностные $R-Y$ (или E_{r-y}) и $B-Y$ (или E_{b-y}). Преобразование сигналов R, G, B в сигналы яркости и цветоразностные осуществляется кодирующей матрицей. Совокупность сигналов Y , $R-Y$ и $B-Y$ называется компонентным телевизионным сигналом. Перед передачей в эфир сигналы $R-Y$ и $B-Y$ объединяются (кодируются) в кодере цветности по определенному алгоритму в сигнал цветности C . Сигналы Y и C суммируются в сумматоре, к ним добавляются еще сигналы синхронизации и другие служебные сигналы, образуя при этом композитный или полный цветовой телевизионный сигнал (ПЦТС). Композитный сигнал передается передатчиком и принимается телевизором. Полный цветной телевизионный сигнал иногда обозначается как **CVBS** (Chroma, Video, Blanking, Sync). Алгоритмы объединения цветоразностных сигналов в кодере цветности могут быть разными и соответственно этим алгоритмам разработаны три системы цветного телевидения: **SECAM, PAL, NTSC**.

В системе цифрового телевидения компонентные сигналы Y , $R-Y$ и $B-Y$ оцифровываются, объединяются в мультиплексоре и в виде цифрового сигнала ЦС направляются на передатчик.

Обобщая, приведем возможные типы видеосигналов в телевизионной системе: R, G, B ; композитный ($Y + C$); компонентный (Y , $R-Y$, $B-Y$); Y / C (**S-Video**); цифровой. Отметим здесь, что в телевизионной системе для подключения различной аппаратуры используются электрические разъемы, на контактах которых могут быть разные сигналы и поэтому соответствующие разъемы называются композитными, компонентными, **R-**

G-B, S-Video и др. Для практики важно представлять себе преимущества и недостатки соединений различных типов.

Каким образом указанные сигналы используются в телевизионной системе? Композитный сигнал распространяется по воздуху или по кабелю, и принимается телевизором, в котором сигналы яркостный и цветоразностные выделяются с помощью фильтров. Путем сложения цветоразностных с яркостным сигналом находятся сигналы красного и синего цветов, т.е.

$(R-Y)+Y=R$ и $(B-Y)+Y=B$. Зная R и B , сигнал зеленого G находится из выражения $Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B$ в виде $G = (Y - 0,299R - 0,114B)/0,587 = 1,704Y - 0,509 R - 0,194B$. Полученные сигналы R, G, B формируют изображение на экране телевизора или монитора.

Из приведенного описания следует, что применение композитного сигнала связано с многочисленными преобразованиями сигналов основных цветов на пути от камеры до телевизора: $R, G, B \rightarrow$ компонентные $\rightarrow$ сигнал цветности $\rightarrow$ композитный $\rightarrow$ компонентные $\rightarrow R, G, B$. При каждом преобразовании в сигнал вносятся искажения, поэтому качество вторичного изображения будет ухудшаться.

Если на монитор (телевизор) подавать компонентный ($Y, R-Y, B-Y$) или Y/C (**S-Video**) сигналы, то для получения сигналов R, G, B потребуется меньше преобразований, а следовательно качество изображения будет выше, чем для композитного сигнала, причем самое высокое будет в случае компонентных сигналов. Самое же высокое качество достигается при использовании цифровых сигналов.

По поводу буквенных обозначений сигналов яркости и цветоразностных необходимо сделать уточнение, поскольку в литературе и в описаниях телевизионной аппаратуры встречаются различные обозначения. Строго говоря, на выходе преобразователей свет/сигнал получают сигналы E_r, E_g, E_b , но они перед преобразованием в яркостной и цветораз-

ностные подвергаются частотной коррекции для устранения нелинейных искажений. Скорректированные сигналы обозначаются штрихом, т.е. как E'_r , E'_g , E'_b . Поэтому правильно следует писать E'_y , E'_{r-y} , E'_{b-y} . Однако чаще всего штрихи опускают, а для обозначения цветоразностных сигналов употребляют символы $U=R-Y$ и $V=B-Y$. Кроме этого, в системах **PAL**, **SECAM** и **NTSC** цветоразностные сигналы обозначаются соответственно как U и V , D_r и D_b , I и Q .

Важным параметром телевизионной системы является формат изображения – отношение ширины к высоте. Во всех системах аналогового телевидения принят формат $4:3 \approx 1,33$. В цифровом телевидении используется формат $16:9 \approx 1,78$.

Вопросы для самопроверки

1. Укажите принципиальные различия систем *PAL* и *SECAM*.
2. Какие различия по качеству изображения в системах с чересстрочной и прогрессивной развертками?
3. Почему информация о цвете передается цветоразностными сигналами?

2 Цифровые сигналы в телевидении

На выходе преобразователя свет/сигнал формируются компонентные аналоговые сигнал яркости Y и цветоразностные $R-Y$ и $B-Y$, которые затем оцифровываются. Оцифровка, называемая импульсно-кодовой модуляцией, предусматривает выполнение трех операций: дискретизацию аналогового сигнала во времени, дискретизацию отдельных отсчетов по уровню - квантование, кодирование величин квантованных отсчетов. При дискретизации аналоговый видеосигнал заменяется последовательностью его значений в дискретные моменты времени. Чтобы при обратном преобразовании из дискретного сигнала восстановить аналоговый видеосигнал без ис-

кажений, частота дискретизации должна не менее чем в два раза превышать верхнюю частоту аналогового сигнала. Основные параметры оцифровки: частота дискретизации, разрядность кодирования. В соответствии с международным стандартом **CCIR-601** яркостной сигнал дискретизируется с частотой 13,5 МГц, а цветоразностные с частотой 6,75 МГц или 3,375 МГц при разрядности кодирования 10 бит. Такое соотношение частот дискретизации связано с тем, что полоса частот цветоразностных сигналов в два раза уже полосы частот сигнала яркости. Уменьшение полосы частот цветоразностных сигналов возможно потому, что чувствительность зрения к цвету ниже, чем к белому свету.

Структура дискретизации компонентных видеосигналов 13,5 МГц/6,75 МГц обозначается как 4:2:2. Смысл такого обозначения заключается в том, что условно за единицу частоты дискретизации принимается величина 3,375 МГц. Тогда цифра 4 соответствует частоте 13,5 МГц, а цифра 2 – 6,75 МГц. Поскольку в телевизионной системе применяется строчная развертка изображения, отсчеты сигналов яркости и цветности последовательно берутся вдоль строк. Так как частота дискретизации сигнала Y в два раза больше, то и отсчеты яркостного сигнала будут идти в два раза чаще, чем цветоразностных. Для наглядности структуру дискретизации представляют в виде совокупности строк с отсчетами яркости и цветности (рис. 4). Крестом обозначены отсчеты яркостного сигнала, а кружками - отсчеты цветоразностных сигналов.

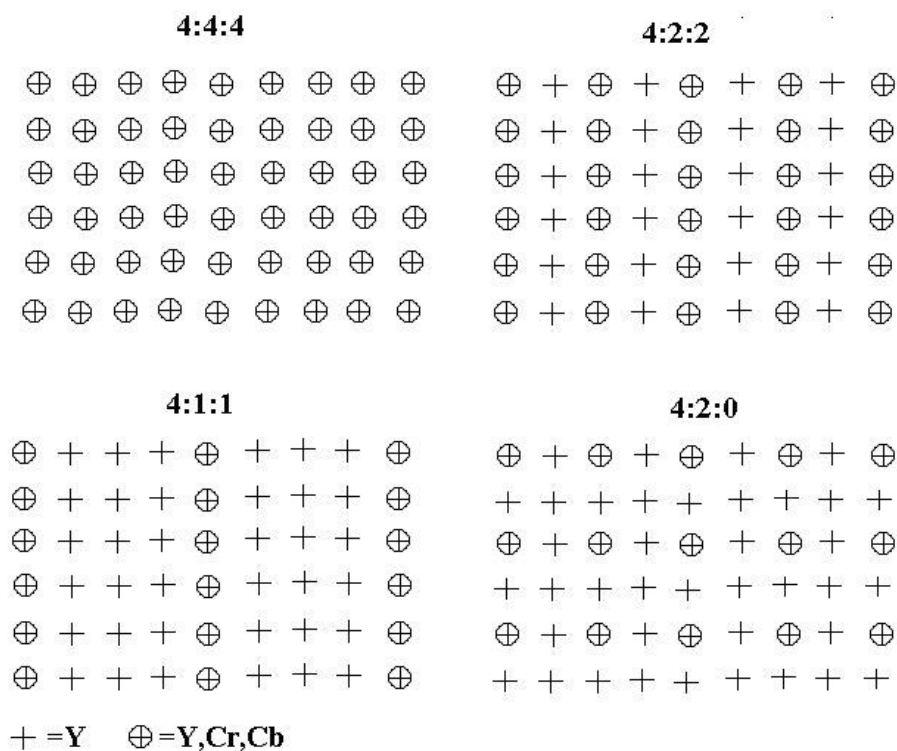


Рис. 4. Структуры дискретизации аналогового телевизионного сигнала.

Кроме дискретизации 4:2:2 находят применение структуры или стандарты дискретизации 4:1:1 и 4:2:0. В первом случае частота дискретизации цветоразностных сигналов снижена до 3,375 МГц, но их отсчеты берутся по каждой строке. В структуре 4:2:0 цифра «0» отражает тот факт, что отсчеты цветоразностных сигналов берутся через строку с частотой 6,75 МГц.

В процессе квантования истинное значение уровня отсчета заменяется ближайшим значением уровня квантования. Разница между истинным значением уровня и квантованным приводит к помехам, называемым шумом квантования. Стандартизовано 10-разрядное кодирование, т.е. каждому отсчету приписывается определенная последовательность из десяти бит. В результате дискретизации, квантования и кодирования на выходе соответствующего устройства формируется последовательность импульсов - так называемый цифровой поток. Скорость этого потока, т.е. число бит за секунду, при дискретизации компонентных сигналов 13,5 МГц/6,75 МГц равна: $(13,5+2 \cdot 6,75) \cdot 10 \cdot 10^6 = 270$ Мбит/с. При дискретизации 13,5

МГц/3,375 МГц формируется поток $(13,5 + 2 \cdot 3,375) = 202,5$ Мбит/с. Таким образом, после оцифровки аналоговый видеосигнал преобразуется в цифровой сигнал в виде потока со скоростью $270 \text{ Мбит/с} \div 202,5 \text{ Мбит/с}$.

2.1 Типы телевизионных разверток

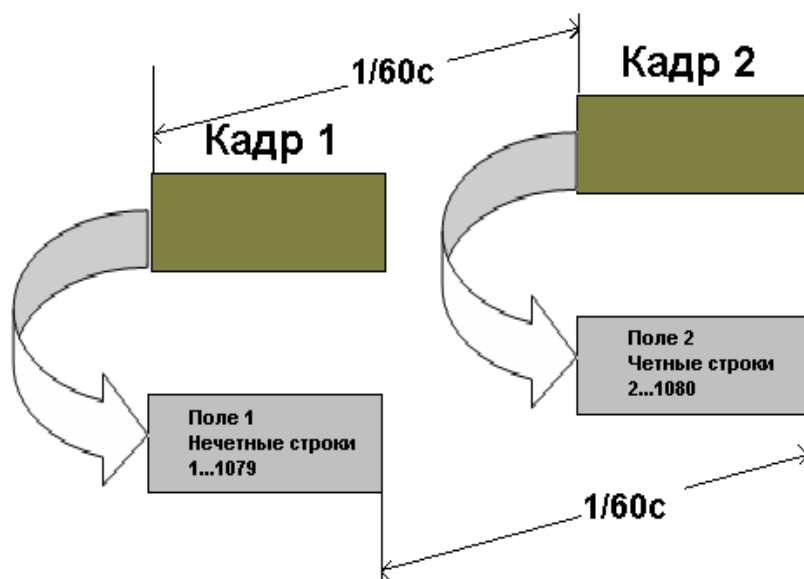
Развитие цифрового видеопроизводства привело к появлению многих стандартов развертки изображения наряду с традиционными частотами полей 50/60 Гц. Кроме указанных частот полей и кадров широкое применение находят и другие: **60i**; **60p**; **59,94i**; **59,94p**; **50i**; **50p**; **30p**; **29,97p**; **25p**; **24p**; **23,98p**; **23,98 psf**; **24 psf**; **25 psf**; **29,97 psf**. Здесь символами **i** и **p** обозначены чересстрочная и прогрессивная развертки, **psf** - развертка с сегментированными кадрами.

Нецелочисленные значения частот полей/кадров (59,94 Гц, 29,97 Гц) используются в американской системе **NTSC**. В случае черно-белой системы **NTSC** частота полей точно равна 60 Гц при строчной частоте $f_z = 525 \times 30 = 15750$ Гц. Однако в случае цветного телевидения **NTSC** строчная частота f_z не равна 15750 Гц. Ее значение выбирается таким образом, чтобы, во-первых, уменьшить заметность помех от сигнала цветности, модулирующего цветовую поднесущую (для совмещения спектров сигнала яркости и цветности частота цветовой поднесущей f_0 должна равняться частоте нечетной гармоники сигнала с половинной строчной частотой, а именно $f_0 = 3579545$ Гц), во-вторых, уменьшить биения несущей звука со спектром сигнала изображения. Поэтому компромиссное значение строчной частоты $f_z = 15734,264$ Гц. Поскольку число строк в растре не изменяется, для частоты кадров получается значение $15734,264 \text{ Гц} / 525 = 29,97$ Гц, а для частоты полей соответственно 59,94 Гц.

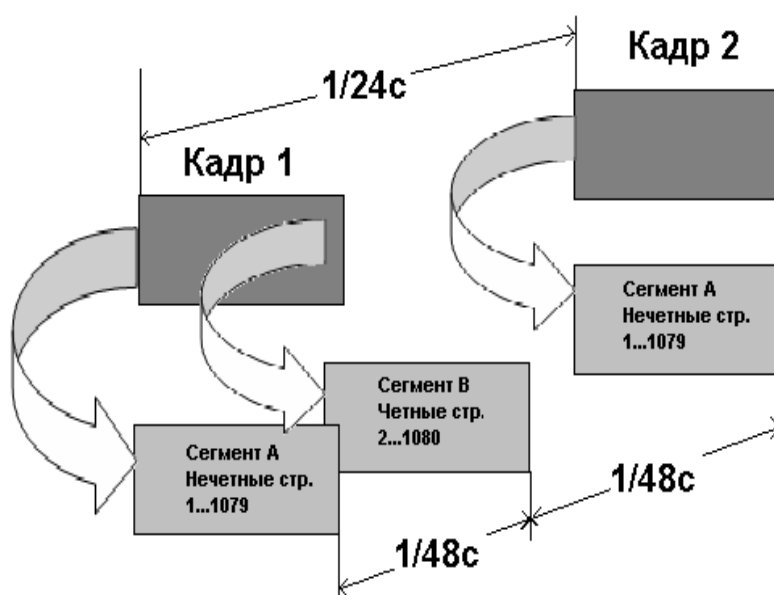
Особое значение для цифрового телевидения и ТВЧ приобретает прогрессивная развертка **24p** (24 кадр/с). Этот режим предпочтителен для

такого производства видеофильмов, когда предполагается переводить фильм на киноплёнку для проката в кинотеатрах. Кроме того, последующим преобразованием из **24p** можно легко получить любой из других форматов. Использование же **24p** только в телевидении не очень удобно с точки зрения синхронизации в телевизионной аппаратуре. Поэтому применяется модифицированная частота «киношной» развертки для телевидения $24 \times 29,97/30 = 23,976p \approx 23,98p$.

При всех положительных качествах формата с прогрессивной разверткой его использование совместно с другой аппаратурой, работающей в режиме чересстрочной развертки (видеомагнитофоны, коммутаторы, монтажные системы и др.), затруднено. Поэтому был предложен режим развертки с сегментированными кадрами **psf (segmented frames)**, в котором каждый прогрессивный кадр записывается в два равных поля без смещения по времени. Затем эти поля обрабатываются и снова соединяются вместе. В одном из них располагаются нечетные строки изображения, а в другом – четные строки этого же изображения. Например, в системе **50i** нечетное поле формируется из строк 1-го кадра, а четные – из строк следующего второго кадра, причем с преобразователя свет/сигнал кадры идут с частотой 50 Гц/60 Гц. При развертке **psf** четное и нечетное поля формируются из строк одного кадра (рис. 5).



Формирование изображения 30i



Формирование изображения 24psf

Рис. 5. Схема формирования изображений в стандартах 30i и 24psf.

Не будучи чересстрочной разверткой, режим с сегментированными кадрами обеспечивает совместимость с инфраструктурой чересстрочных форматов. Например, сигнал 1080/25 **psf** может обрабатываться видеомикшером формата 1080/25 **i**.

Практическое применение находит аппаратура с режимами сегментированной развертки **23,98 psf; 24 psf; 25 psf; 29,97 psf.**

Преобразование телевизионных разверток

В настоящее время существует множество форматов аналогового и цифрового видео, которые отличаются пространственными (частота строк, формат кадра) и временными (частота кадров/полей) характеристиками. Как следствие, актуальной стала задача преобразования из одного формата в другой. Решение данной задачи состоит из двух частей: определения метода изменения пространственного разрешения кадров и метода изменения разрешения видео во времени, т.е. преобразования частоты кадров (ПЧК).

Стандарт телевидения 30-х годов (используемый и сейчас) описывает способ чересстрочной прорисовки кадров: для формирования изображения, вместо засветки всех строк кадра, поочередно прорисовываются только четные или нечетные строки. Это позволило при использовании ЭЛТ того времени (с низкой частотой вертикальной развертки), кроме всего прочего, достичь частоты обновления экрана равной 50Гц. В настоящее время стали широко доступны телевизоры и мониторы, поддерживающие частоту вертикальной развертки 100Гц, причем в данном случае речь идет о прогрессивной развертке, когда кадр перерисовывается полностью, а не по полям. Существует множество алгоритмов деинтерлейсинга, позволяющих преобразовать последовательность полей в последовательность кадров. Однако на выходе таких алгоритмов, в лучшем случае, частота следования кадров равна 50Гц, в то время как требуется 100Гц. Решить данную проблему позволяют т.н. алгоритмы FRC (Frame Rate Conversion), задачей которых является изменение разрешения видео во времени. При использовании алгоритма FRC увеличивающего частоту смены кадров вдвое, возможно из 50р получить 100р.

Преобразования частоты кадров используется и при компрессии видео данных. При кодировании видео на низких скоростях цифрового потока многие видео кодеки уменьшают разрешение данных не только в пространстве, но и во времени. Например, кодеки **QuickTime**, **Windows Media**, **RealVideo** используют компрессию с уменьшением числа кадров. Иначе говоря, вместо кодирования исходных 30 кадров/с, частота кадров может быть уменьшена до 20 кадров/с. Это означает, что один из каждых трех кадров исходной видео последовательности не будет закодирован. Однако при воспроизведении видео на стороне декодера весьма желательно иметь исходную частоту кадров. Для этого необходим механизм восстановления. Преобразователи стандартов могут быть как программными так и аппаратными. ПЧК может быть также использовано при восстановлении поврежденных кадров.

2.2. Сжатие цифрового потока – основа цифрового телевидения

Как было показано выше, оцифрованная программа длительностью в 1 час в стандарте **PAL** занимает около 100 Гбайт. Это очень много и кроме того использование несжатых данных очень расточительный способ расходования ресурсов системы. Цифровой сигнал необходимо передавать по каналам формирования программ и каналам связи. Технически реализовать это трудно и дорого. Решается проблема аналогично, как и с цифровым звуковым сигналом, использованием цифрового сжатия или компрессии, устраняя избыточность видеосигнала, которая является следствием информационной избыточности изображения. Выбор алгоритма сжатия или видеокомпрессии – самая актуальная проблема в цифровом телевидении.

Изображение характеризуется пространственной и временной избыточностью. Пространственная или, по-другому, внутрикадровая избыточность, обусловлена тем, что в пределах кадра имеются относительно большие одинаковые по яркости и цвету области, поэтому нет необходимости передавать всю информацию об изображении. Можно путем соот-

ветствующего анализа определить, где есть одинаковые области, и передавать информацию об их наличии и величине их яркости. Это значительно сократит цифровой поток. Отношение скоростей цифрового потока до и после сжатия называется коэффициентом сжатия или компрессии. Временная избыточность связана с тем, что соседние кадры отличаются не сильно и поэтому также можно не передавать всю информацию об изображении каждого кадра, а только информацию о различии изображений двух соседних кадров. На приемном конце в мониторе (телевизоре) соответствующее устройство, получив сокращенный объем информации, сможет по известному алгоритму достаточно точно восстановить исходное изображение. Для цифрового телевидения разработан стандарт сжатия изображения **MPEG-2** с сокращением пространственной и временной избыточности. Этот стандарт позволяет исходный цифровой поток 270 Мбит/с сжать до нескольких десятков Мбит/с с сохранением высокого качества изображения. С таким цифровым сигналом достаточно просто работать как при производстве программ, так и при передаче по каналам связи.

Для сжатия часто применяются и другие стандарты **M-JPEG**, **MPEG-1** и **MPEG-4**. Однако при этом следует иметь в виду, что эти стандарты описывают принципы и алгоритмы сжатия цифрового потока, но конкретная реализация кодера у каждого производителя может быть разной, а значит и качество. Интересно отметить, что даже если системы работают без сжатия, качество изображения у них будет различным из-за различного качества используемых кодеков.

Вопросы для самопроверки

- 1. Укажите на преимущества и недостатки форматов дискретизации 4:1:1 и 4:2:0.*
- 2. Почему используются многие типы телевизионной развертки?*

3. *Что делать, если монтажная система не поддерживает стандарт развертки 30p?*
4. *Привести качественные отличия стандартов сжатия JPEG и MPEG-2.*

3 Принципы формирования изображения в устройствах отображения

В монтажной системе могут использоваться видеомониторы разных типов: с кинескопом или жидкокристаллические панели. Несмотря на разные принципы формирования изображений в разных видеомониторах общим является растровая структура изображений, т.е. изображение представляет собой совокупность отдельных кадров/полей, которые образуются горизонтальными строками, заполняющими кадр сверху вниз и состоящих из отдельных элементов – пикселей. Для получения цветного изображения каждый пиксел состоит из трех ячеек, излучающих основные цвета **R, G** и **B** – красный, зеленый и синий. Сложение этих цветов с разной яркостью позволяет воспроизвести любой свет.

Информация о яркости изображения и о его цвете в телевизионной системе передается с помощью сигналов **R, G, B**. Количество передаваемых цветов определяется возможным числом градаций яркости (интенсивности) каждого из основных цветов. Если используется n бит для описания яркости пиксела, тогда максимальное число возможных градаций яркости пиксела (т.е. число цветов) равно 2^n . Число n часто называют глубиной цвета. В компьютерных системах $n = 24$, поэтому может отображаться $2^{24} = 16777216$ различных цветовых оттенков. Для примера рассчитаем, сколько необходимо информации, чтобы описать цветное изображение кадра размером 720×576 пикселей: $720 \times 576 \times 24 = 9953280$ бит $\approx 1,24$ Мбайт. Для описания сюжета длительностью 1 мин потребуется

$1,24 \times 25 \times 60 = 1860$ Мбайт. Соответственно часовая программа займет $1,86 \times 60 = 111,6$ Гбайт.

Изображения на экране монитора формируются пикселями – минимальными элементами квадратной или прямоугольной формы. Каждый пиксел отображает среднюю в данной точке яркость и цвет. Общее число пикселей определяет такое свойство изображения как четкость. Способность системы воспроизводить мелкие детали изображения характеризуется ее разрешающей способностью или просто разрешением. Очевидно чем больше пикселей, тем выше разрешение. Поэтому часто разрешением называют общее число пикселей в кадре или произведение чисел пикселей по горизонтали и вертикали, например, 800×600 .

Разрешение компьютерных мониторов выражается через произведение числа точек (пикселей) в строке на число строк. Мониторы обычного (4:3) формата в зависимости от разрешения имеют следующие обозначения: **SVGA** (800×600), **XGA** (1024×768), **SXGA** (1280×1024), **UXGA** (1600×1200). Для широкоформатных дисплеев предусмотрены разрешения **WXGA** (1366×768), **WXGA+** (1400×800), **WSXGA** (1600×1024), **WUXGA** (1920×1200).

Формат пиксела – отношение ширины к высоте, он не одинаков в разных видеосистемах, поскольку в разных видеосистемах требуется различное число пикселей для заполнения кадра. Во многих компьютерных видеостандартах с форматом кадра $4:3 = 1,33$ отношение числа пикселей в строке к числу строк число пикселей равно $4:3$ ($640:480 = 800:600 = 1024:768 = 1600:1200 = 1,33$), поэтому пиксели квадратные. Отметим, что пиксели матрицы ПЗС телекамеры квадратные, часто пиксели в мониторах сделаны также квадратными. Изображение в стандарте **DV PAL** содержит 576 строк по 720 элементов. В мониторе же при числе строк 576 в каждой содержится по $576 \times 1,33 = 768$ пикселей. Чтобы 720 пикселей **DV**

PAL занимали по ширине экрана ту же длину что и 768 квадратных пикселей, они растягиваются по ширине в $768:720 \approx 1,067$ раз.

В случае **DV NTSC** изображение содержит 480 строк по 720 элементов. На мониторе в каждой из 480 строк будет $480 \times 1,33 \approx 640$ пикселей. Поэтому в этом случае пиксели сжимаются по ширине в $720: 640 = 1,125$ раз. Т.е. в этом случае отношение ширины к высоте элемента должно быть $1 : 1,125 \approx 0,9$.

Если же форма элементов изображения на мониторе не будет согласована с формой пиксела, то на мониторе изображение будет вытянутым по горизонтали или по вертикали - круги превратятся в овалы. Чтобы этого не было, в программе осуществляется коррекция формы пикселей.

Программа видеомонтажа **Adobe Premiere Pro 2.0** отображает формат пиксела в соответствии с установками формата в окне **Project**. Эта программа может отображать и выдавать сигналы с различными форматами пикселей, поскольку она корректирует их в соответствии с установками **Project**. **Adobe Premiere Pro 2.0** стремится автоматически сохранить формат изображения, иногда изменяя при этом формат пиксела, размеры кадра или и то и другое, чтобы не было искажений. Делается это на основании созданных метаданных (служебных данных, описывающих свойства фрагмента). При потере таких данных **Adobe Premiere Pro 2.0** применяет определенные правила для интерпретации формата пиксела.

Довольно часто цветовые характеристики монтируемых сюжетов различаются, а в итоговой программе этого не должно быть. Для устранения такого несоответствия предназначена функция цветокоррекции. Задачами цветокоррекции являются достижение цветового соответствия между различными сюжетами, снятыми, например, разными камерами с разным освещением, корректировка изменений цветового баланса, вызванных недостаточным освещением, изменение общего стиля цветового решения для достижения поставленной творческой задачи.

Для настройки правильной цветопередачи системы и уровня звука монтажная программа генерирует сигналы цветных полос и звуковой сигнал частотой 1 кГц. Такое контрольное изображение можно также использовать для проверки влияния разных факторов при монтаже (сжатие, разрядность и др.).

Вопросы для самопроверки

- 1. К каким искажениям приводит несоответствие форматов пиксела телевизионного стандарта и видеомонитора?*
- 2. Для чего применяется цветокоррекция?*

4 Стандарты ТВЧ

К телевидению высокой четкости (ТВЧ) относятся системы с числом строк разложения и числом элементов/пикселей в строке существенно большим, чем в системе стандартного ТВ, и с форматом изображения 16:9. Стандартизованы две системы ТВЧ – **1080i/1080p** и **720p** с различными типами развертки.

В стандартах **1080i/p** используется чересстрочная/прогрессивная развертка, изображение формируется 1080 активными строками по 1920 пикселей в каждой. В пределах данного стандарта есть спецификации: **1080i/25** для систем с частотами 50 полей/с и **1080i/30** – для систем с частотами 60 полей/с.

Часто для описания разрешающей способности стандартов ТВЧ в единицах пикселей (не следует отождествлять с визуальным разрешением) используется символическая величина **К**, соответствующая разрешению 1000 строк/1000 пикселей в строке. Символ **2К** соответствует разрешению 1556 строк/2048 пикселей. Разрешение по горизонтали

стандарта **1080i** почти равно **2К**. Для систем с большим разрешением применяются обозначения **4К** (3112 строк/4096 пикселей).

В стандарте **720p** используется прогрессивная развертка при 720 активных строках и 1280 пикселей в строке. Прогрессивная развертка означает, что все строки кадра отображаются за время $1/50$ с, при этом обеспечивается более качественное изображение, чем чересстрочная. В этом случае достигается большая плавность движущихся объектов. Поэтому прогрессивная развертка применяется в компьютерных мониторах, в видеопроекторах, в плазменных и жидкокристаллических отображающих дисплеях.

В случае чересстрочной развертки при сложении полей с четными и нечетными строками может наблюдаться дрожание объекта. Эти дрожания затем устраняются электронной обработкой. Широкое применение чересстрочной развертки в ТВ обусловлено тем, что она позволяет уменьшить полосу частот видеосигнала, что очень важно при практической реализации ТВ системы.

Рассмотрим преимущества и недостатки стандартов **1080i** и **720p**.

В системе с чересстрочной разверткой **1080i** больше строк, однако эффективное разрешение по вертикали из-за чересстрочности будет равно примерно $1080 \times 0,7 \approx 760$ ТВЛ, т.е. ненамного больше чем 720 ТВЛ. Преимущества и недостатки этих стандартов в другом. Все устройства отображения – проекторы, плазменные дисплеи, жидкокристаллические мониторы, а также системы нелинейного монтажа изначально работают с прогрессивным сигналом. Поэтому при подаче на такие устройства сигнала **1080i** потребуются преобразование стандартов, что может привести к снижению качества. С технической точки зрения сигнал **720p** проще преобразовывать в **1080i** чем наоборот. Однако у оборудования **1080i** есть свое важное преимущество – оно более простое в производстве и поэтому меньше по стоимости.

Вопросы для самопроверки

1. Какой из форматов ТВЧ лучше – **1080i** или **720p**?
2. Используется в ТВЧ формат кадра 4:3?

5 Форматы магнитной видеозаписи

Совокупность всех основных параметров и требований, характеризующих способ видеозаписи, называется стандартом видеозаписи. Расположение и размеры строчек и дорожек записи на сигналограмме, ширина магнитной ленты и другие параметры видеофонограммы называется ее форматом. Однако часто в литературе под термином «формат» понимается именно стандарт. К основным параметрам стандарта видеозаписи относятся ширина магнитной ленты, угол наклона сточек записи, их ширина, расстояние между сточками, частота вращения видеоголовок, скорость магнитной ленты, способ записи (аналоговый, цифровой), тип записываемого сигнала, некоторые электрические параметры каналов записи и воспроизведения.

Видеозапись является основой видеопроизводства, и непосредственно для записи телевизионного сигнала в разное время было предложено немало различных способов, составивших основу разнообразных форматов.

5.1 Аналоговые форматы видеозаписи

В процессе развития магнитной видеозаписи было разработано много аналоговых форматов, основные из которых и некоторые их признаки приведены в табл.2.

Таблица 2

Название формата	Тип записываемого видеосигнала	Ширина МЛ, мм
Q	Композитный	50,8
C	Композитный	25,4
VHS	композитный	12,65
S-VHS	Y/C	12,65
Betacam SP	Компонентный	12,65

Самым первым форматом видеозаписи, реально используемым в телевидении, стал четырехголовочный формат **Q** (от слова **Quadruplex**). В этом формате реализована поперечно-строчная запись видеосигнала четырьмя вращающимися магнитными головками на магнитную ленту шириной 50,8 мм (2 дюйма). Один кадр изображения записывается на 40 строчках и поэтому формат называется сегментным. Видеомагнитофоны формата **Q** записывают и воспроизводят композитный видеосигнал, т.е. сигналы яркости **Y** и цветности **C** записываются вместе на одну строчку. На магнитной ленте наряду с видеосточками имеется продольные дорожки для записи отдельными неподвижными магнитными головками звукового сигнала, режиссерских пояснений и сигнала управления. Ширина строчек 254 мкм, а расстояние между ними 143 мкм. Чтобы при воспроизведении быстро вращающиеся головки следовали по строчкам, в видеомагнитофоне имеется специальная следящая система. Для работы этой системы на дорожке управления записан специальный сигнал управления. Формат **Q** был очень распространен на телевидении в течение около 20 лет и поэтому в архивах накопилось огромное количество программ этого формата. Видеомагнитофоны формата **Q** представляли собой сложное электромеханическое устройство с габаритами около 1,7 м х 1,8 м и массой более 500 кг. Масса рулона магнитной ленты на 1,5 час записи составляет около 10 кг.

Следует отметить, что главным элементом видеомэгнитофона, определяющим его технические характеристики, размеры и массу является магнитная лента. Совершенствование магнитных лент дало возможность уменьшить их ширину с двух до одного дюйма, а скорость ее движения существенно снизить. Так появился формат наклонно-строчной видеозаписи С. При наклонно-строчной записи длина видеострочек значительно увеличивается и поэтому на одной строчке можно записать больше информации, чем в случае поперечно-строчной записи. В формате С композитный видеосигнал записывается на ленту шириной 25,4 мм тремя вращающимися видеоголовками. За счет малого угла наклона видеострочек их длина увеличена так, что на одной строчке записывается одно видеополе. Благодаря этому в видеомэгнитофонах формата С достаточно просто реализуются такие важные для производства программ режимы как стоп-кадр, замедленное и ускоренное воспроизведение, электронный видеомонтаж.

Для реализации электронного видеомонтажа на одной из продольных дорожек на магнитной ленте записывается адресно-временной код (часто его называют тайм-кодом). Он предназначен для обозначения или идентификации каждого кадра изображения, записанного на магнитной ленте или если точнее, он обозначает место строчек записи определенного кадра. Каждому кадру ставится в соответствие группа из четырех двузначных чисел, обозначающих текущее время в часах, минутах, секундах и номер кадра в пределах последней секунды. Значения кода могут изменяться от 00:00:00:00 до 23:59:59:24, т.е. максимальная длительность кодируемого сюжета составляет 24 часа (от 00 час 00мин 00с до 23 час 59 мин 59 с), а номер кадра изменяется в пределах от 00 до 24 (общее число кадров 25, что соответствует кадровой частоте 25Гц). Например, код 02:25:13:18 интерпретируется так: 18-й кадр на 13-й секунде 25 минуты 2-го часа от начала сюжета.

В дальнейшем запись временного кода стала неотъемлемой функцией всех последующих способов записи на разные носители.

Форматы **Q** и **C** относятся к профессиональным. Они обеспечивают высокое качество изображения (разрешение по горизонтали около 550 ТВЛ) и звука, имеют специальные режимы работы (стоп-кадр, воспроизведение с неноминальной скоростью, разъемы для подключения разнообразной аппаратуры), характеризуются очень высокой надежностью работы.

Для бытовых целей был разработан формат **VHS (Video Home System)**. В базовом варианте формата запись композитного видеосигнала проводится двумя вращающимися магнитными головками на ленту шириной 25,4 мм (1/2 дюйма). Качество записи соответствует разрешению по горизонтали 240 ТВЛ. Стереозвук записывается на две продольные дорожки. Поскольку скорость ленты малая (2,339 см/с), качество записи звукового сигнала весьма низкое. Поэтому в ряде моделей видеомагнитофонов этого формата имеется режим высококачественной записи звука **Hi-Fi**, при котором звуковой сигнал записывается на наклонных строчках. Специально для малогабаритных видеокамер имеется модифицированный формат **VHS-C**, отличающийся кассетой малых размеров. Проиграть малую кассету на обычном видеомагнитофоне можно с помощью специального адаптера. Многие модели видеомагнитофонов **VHS** могут работать в режимах стандартной длительности **SP**, повышенной **LP** и высокой длительности **EP**. Многообразие режимов достигается тем, что к двум основным вращающимся магнитным головкам добавляются одна или две, а скорость ленты соответственно уменьшается.

Формат **VHS** усовершенствован путем использования более качественной магнитной ленты и перехода от записи композитного сигнала к **S-Video**, т.е. записываются не единый композитный сигнал, а два сигнала **Y** и **C**. Так появился формат **S-VHS**. Относительно невысокая стоимость

аппаратуры этого формата и достаточно высокое качество записи (разрешение по горизонтали 400 ТВЛ) способствовали очень широкому его распространению в телевидении. На аппаратуре **S-VHS** можно проигрывать кассеты **VHS**, но не наоборот.

Дальнейшее улучшение ленты позволило значительно улучшить качественные параметры видеозаписи (разрешение по горизонтали около 500 ТВЛ) и привело к новому профессиональному формату **Betacam SP**.

5.2 Цифровые форматы видеозаписи

Цифровая видеозапись позволяет устранить недостатки аналоговой видеозаписи, проявляющиеся, прежде всего, в телевизионной технологии. При подготовке программ возникает необходимость многократно переписывать сюжеты, копировать их, подвергать различным преобразованиям (наносить титры, вводить спецэффекты и др.). При каждой такой операции качество аналогового сигнала ухудшается из-за неизбежных искажений. В случае цифровой видеозаписи эти проблемы практически исключаются благодаря тому, что на цифровом видеоманитоне можно сделать несколько десятков копий без заметной потери качества. Второе важное обстоятельство состоит в том, что цифровые технологии дают больше возможностей при производстве и распределении программ. Кроме этого, цифровая аппаратура более надежна в работе, проще в эксплуатации.

Было разработано также много цифровых форматов видеозаписи и связано это с двумя обстоятельствами. Прежде всего, также как и в случае аналоговых форматов, не существует некоего универсального формата, пригодного для всех видов задач. Во-первых, для решения каждой задачи с учетом конкретных технических и экономических условий требуется свой формат. Во-вторых, сильная конкуренция среди производителей приводит к разнообразию форматов. Для производителей телепрограмм обилие форматов является важным положительным фактором, поскольку дает им воз-

возможность оптимизировать свою технологию по максимуму эффективности. Основные цифровые форматы видеозаписи с некоторыми признаками приведены в табл. 3.

Таблица 3

Название формата	Тип записываемого видеосигнала	Ширина МЛ, мм	Структура дискретизации	Коэф. сжатия
Digital Betacam	Компонентный	12,65	4:2:2	2
D8 (Betacam SX)	Компонентный	12,65	4:2:2	10
DV	Компонентный	6,35	4:1:1 (NTSC) 4:2:0 (PAL)	5
(D7) DVCPRO	Компонентный	6,35	4:1:1	5
DVCPRO 50	Компонентный	6,35	4:2:2	3,3
DVCAM	Компонентный	6,35	4:1:1 (NTSC) 4:2:0 (PAL)	5
D9(Digital S)	Компонентный	12,65	4:2:2	3,3
D10 (IMX)	Компонентный	12,65	4:2:2	3,3

Запись видеосигнала без сжатия или с малым сжатием сопряжена с высокой сложностью аппаратуры, поэтому соответствующие видеомagnetofоны не находят широкого применения. В аппаратуре **Digital Betacam** применяется самый низкий уровень сжатия. Во всех последующих форматах используется значительное сжатие. Однако из этого не следует компромисс с качеством, поскольку алгоритмы сжатия таковы, что не заметно никаких ухудшений качества изображения. В формате **Betacam SX** коэффициент сжатия равен 10 и при этом записываемый цифровой поток равен 18 Мбит/с, что довольно мало по сравнению с 125Мбит/с в **Digital Betacam**. На аппаратуре **Betacam SX**, также как и на **Digital Betacam**, можно проигрывать кассеты **Betacam SP**. Это свойство частичной совместимости очень важно для практики, поскольку в телекомпаниях имеется

много качественных программ в формате **Betacam SP**. В результате достаточно иметь только цифровой видеомагнитофон, чтобы при производстве программ использовать аналоговые и цифровые материалы.

К классу вещательного относится формат **D9 (Digital-S)**. Особенностью аппаратуры этого формата является возможность проигрывания кассет **S-VHS** и наличие режима предварительного чтения **Pre-read**.

Существенным шагом в развитии аппаратуры магнитной видеозаписи стала разработка металлизированных и металлопорошковых магнитных лент шириной 6,35 мм (1/4 дюйма). Первым форматом на узкой ленте стал **DV**. Видеосигнал стандарта **PAL** записывается на металлизированную ленту с дискретизацией 4:2:0, а сигнал **NTSC** с дискретизацией 4:1:1. В обоих случаях цифровой поток получается одинаковый - 25 Мбит/с, но структура 4:2:0 лучше подходит для системы с 625 строк, а 4:1:1 для системы с 525 строк. При коэффициенте сжатия 5 и цифровом потоке 25 Мбит/с обеспечивается разрешение по горизонтали 500 ТВЛ. Данный формат разрабатывался изначально как бытовой, т.е. аппаратура данного класса не предусматривает ряда функций, необходимых для профессиональной работы и недостаточно надежна. Видеомагнитофоны **DV** имеют аналоговые и цифровые входы/выходы. В качестве цифрового интерфейса применяется интерфейс **IEEE 1394 (FireWire)**.

В формате **D7 (DVCPRO)** используется металлопорошковая лента и структура дискретизации 4:1:1 при записи сигналов обеих систем **PAL** и **NTSC**. При коэффициенте сжатия 5 результирующий цифровой поток также равен 25 Мбит/с. Однако в этом формате скорость магнитной ленты и ширина строчек записи по сравнению с **DV** увеличены в 1,8 раз. Это сделано для повышения надежности работы, поскольку формат **D7** предназначен для профессиональной работы. Более высокими качественными показателями характеризуется формат **DVCPRO 50**. Качество повышено за счет дискретизации 4:2:2, уменьшения коэффициента сжатия до 3,3 (ре-

зультирующий цифровой поток 50 Мбит/с). Качественный уровень аппаратуры **DVCPRO 50** выше **DVCPRO** и соответствует вещательному классу.

Формат **DVCAM** очень близок к **DV**. В нем используется такая же цифровая обработка, как и у **DV**, но увеличены ширина строчек записи и скорость ленты. Благодаря этому повышена надежность работы аппаратуры, и формат относится к полупрофессиональному. Важным отличием аппаратуры **DVCAM** является использование интерфейса **QSDI**, обеспечивающего увеличение скорости передачи данных в четыре раза по сравнению с номинальной. Это позволяет в четыре раза сократить время копирования сюжета в компьютерную систему.

Аппаратура форматов на узкой ленте в определенной мере совместима между собой. Так кассеты **DV** можно проигрывать на аппаратуре **D7** и **DVCAM**, на аппаратуре **D7** проигрываются кассеты **DVCAM**, на аппаратуре **DVCPRO 50** можно проигрывать кассеты **D7**. Говоря о частичной совместимости, следует иметь в виду, что такими свойствами обладают не все модели видеомагнитофонов данного формата, а только некоторые. Наличие любой функции в видеомагнитофоне напрямую сказывается на его стоимости.

Формат **D10 (IMX)** обеспечивает наибольшее время записи среди известных форматов. В стандарте **PAL** на большую кассету можно записать программу длительностью до 220 мин. Отдельные модели видеомагнитофонов **IMX** могут проигрывать кассеты форматов **Betacam**, **Betacam SP**, **Betacam SX** и **Digital Betacam**. Видеомагнитофоны **IMX** наделены сетевыми функциями, обеспечивающими обмен данными в сети на базе файлов формата **MXF (Material Exchange Format)**. Формат **MXF** – механизм обмена файлами для передачи различных данных по сети, он не зависит от сети передачи данных, от операционной системы, от формата сжатия.

Особую группу форматов занимают форматы, предназначенные для записи сигналов ТВЧ 1080i и 720p. Это форматы **HDV**, **HDCAM**, **HDCAM SP**, **DVCPRO HD** и др.

5.3 Дисковые видеорекордеры

Запись видеосигнала на дисковый носитель (магнитный или оптический диски) имеет существенные преимущества, обусловленные произвольным и быстрым доступом к записанному материалу и высокой надежностью дисковых накопителей. Устройства записи на диск со всеми функциями видеомagniтофона называются не совсем правильно дисковыми видеомagniтофонами. Не правильно потому, что в видеомagniтофоне запись проводится на магнитную ленту. Поэтому дисковые устройства видеозаписи называют дисковыми видеорекордерами.

Специализированным форматом с записью на оптический диск является **XDCAM**. В этом формате запись сигналов в стандартах **DVCAM** или **MPEG IMX** проводится на оптический диск емкостью 23,3 Гбайт. Время записи составляет в стандарте **DVCAM** 85 мин, в стандарте **IMX** от 45 мин до 68 мин в зависимости от выбираемой скорости цифрового потока.

Формат **XDCAM** принципиально отличается от других форматов прежде всего тем, что это файловая система, устраняющая все ограничения записи на магнитную ленту. Файлы высокого разрешения можно загружать в монтажную систему непосредственно с диска или по сети с пятикратным ускорением. В этом формате реализована функция непрерывной циклической записи последних 10 с, что очень важно при съемке документальных или спортивных программ, когда возможны неожиданные ситуации. Благодаря этой функции оператор не пропустит важную сцену, поскольку 10 с непрерывной записи достаточно, чтобы не потерять момент начала события. Кроме перечисленных функциональных преимуществ данный формат имеет и другие положительные свойства. При примерно

той же стоимости, что и видеомagnetофонная кассета, оптический диск допускает значительно большее количество циклов записи (более 1000 для диска и около 50 для кассеты), а это уменьшает обычно не малые расходы на кассеты. Ресурс оптического блока camкордера более чем в два раза превышает ресурс блока магнитных головок видеомagnetофонов, к тому же привод оптического диска в два раза меньше требует затрат на техническое обслуживание по сравнению с лентопротяжным механизмом. Аппаратура **XDCAM** совместима с телевизионными стандартами **PAL/NTSC** и, следовательно, не возникает необходимости иметь комплекты оборудования на разные стандарты. В этом формате нет как в других форматах жестких ограничений на формат записываемого сигнала, поэтому аппаратура допускает запись сигналов ТВЧ (формат **XDCAM HD**), тем самым превращая формат в универсальный с предоставлением возможности производства программ для телевидения стандартной и высокой четкости.

Для обмена видеоматериалами и просмотра, в монтажных системах широко используется запись на оптические диски **DVD**. Эти диски, аналогично дискам **CD**, бывают следующих типов: диски только для воспроизведения **DVD-ROM**, диски однократной записи **DVD-R**, перезаписываемые или реверсивные диски **DVD-RW** и **DVD+RW**, диски с произвольным доступом **DVD-RAM**. Форматы **DVD-RW** и **DVD+RW** отличаются способами защиты от ошибок. В зависимости от информационной емкости **DVD** диски имеют следующие модификации: **DVD-5** – емкость 4,7 Гбайт, **DVD-9** – емкость 8,5 Гбайт, **DVD-14** – емкость 13,2 Гбайт, **DVD-18** – емкость 17 Гбайт.

Реверсивные диски **DVD** (за исключением **DVD-RAM**) допускают до 1000 циклов записи/стирания, а диски **DVD-RAM** – до 100000 циклов.

5.4 Формат видеозаписи на неподвижном носителе

Все недостатки аппаратуры видеозаписи на подвижный носитель связаны со сложной электромеханической частью этой аппаратуры. По-

этому вместо традиционных видеокассет или дисков предложено использовать компактные твердотельные карты памяти **P2** емкостью 1Гбайт и более. В результате появился формат видеозаписи **P2**. Запись на карту **P2** может вестись в любом из стандартов: **DVCPRO50**, **DVCPRO** или **DV**. Вся информация сохраняется в виде **MXF** файла. На одну **P2** карту емкостью 4GB можно записать 18 минут с качеством **DVCPRO** или 9 минут с качеством **DVCPRO 50**. Важное достоинство **P2** карты – большая скорость передачи данных (около 600 Мбит/с). Карта **P2** надежно защищена от внешних воздействий типа толчков или вибраций, а также надежно работает в температурных диапазонах от -20° до +60°С. Это как раз то, что необходимо для производства новостей. С учетом профессионального использования носителя, контакты карты рассчитаны на 30000 циклов установки / извлечения из устройства. Более того, в отличие от других носителей информацию на **P2** можно перезаписывать до 100 000 раз! Только практически это не нужно.

Видеокамера с пятью слотами для **P2** карт (по 4 GB) может записывать программу длительностью 90 минут в формате **DVCPRO**. Без движущихся частей, видеокамера чрезвычайно устойчива к ударам и вибрации и имеет более низкое энергопотребление по сравнению с другими системами видеозаписи. Аппаратура **P2** обеспечивает безленточную технологию по сбору новостей, редактированию и видеопроизводству.

Современные программы видеомонтажа поддерживает все телевизионные стандарты и форматы **SD** и **HD**, включая такие как **DV**, **Digital Betacam**, **HDV**, **HDCAM**, **DVCPRO HD**, **D5 HD** и др. Однако это возможно при использовании рекомендуемых производителями программ конфигурации компьютера и плат ввода/вывода.

Вопросы для самопроверки

1. Какие принципиальные преимущества цифровых форматов видеозаписи над аналоговыми?

2. Особенности видеозаписи на дисковые носители.

6 Структура монтажной системы

6.1 Системы линейного видеомонтажа

Чтобы ознакомиться с известными системами монтажа и лучше понять преимущества и возможности СНМ кратко рассмотрим наиболее распространенные ранее системы линейного монтажа. Самая простая система (рис. 6) состоит из плеера, видеомагнитофона, двух видеомониторов и управляющего монтажного контроллера. Монтажер отбирает на кассете плеера

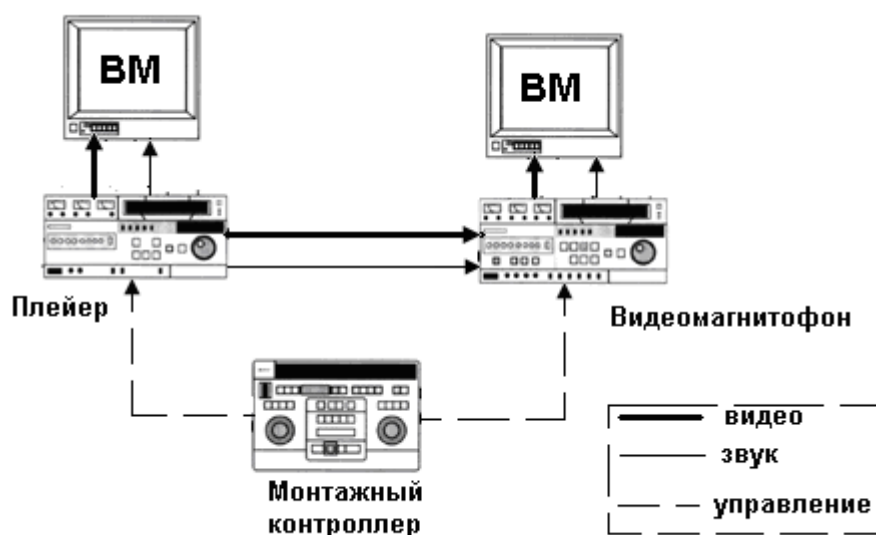


Рис. 6. Схема простейшей системы линейного видеомонтажа.

нужные видеофрагменты по адресно-временному коду, которые последовательно копируются на видеомагнитофоне (мастере). На кассете, устанавливаемой на мастере, предварительно по всей длине магнитной ленты прописывается временной код. С помощью монтажного контроллера осуществляется синхронное включение плеера и мастера по интерфейсу управления в нужные моменты времени без возникновения помех в местах стыков. Такие монтажные переходы называются «склейкой» по аналогии с монтажом киноплёнки. Результат монтаж можно проиллюстрировать сле-

дующей схемой (рис. 7). На исходной кассете между нужными фрагментами **К** и **Н** располагается ненужный фрагмент **С**.

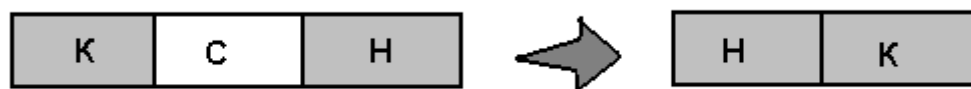


Рис. 7. Алгоритм линейного монтажа.

Под управлением монтажного контроллера на кассете - мастере последовательно («склейка») копируются фрагменты **Н** и **К** в требуемом порядке.

Для получения не только простой склейки в виде последовательно собранных видеофрагментов (конец первого скачком переходит в начало второго), а сделать этот переход плавным с визуальным эффектом, разработана система **A/B-Roll** в которой используются два плеера-источника, видеомагнитофон-мастер, видеомикшер и монтажный контроллер (рис. 8).

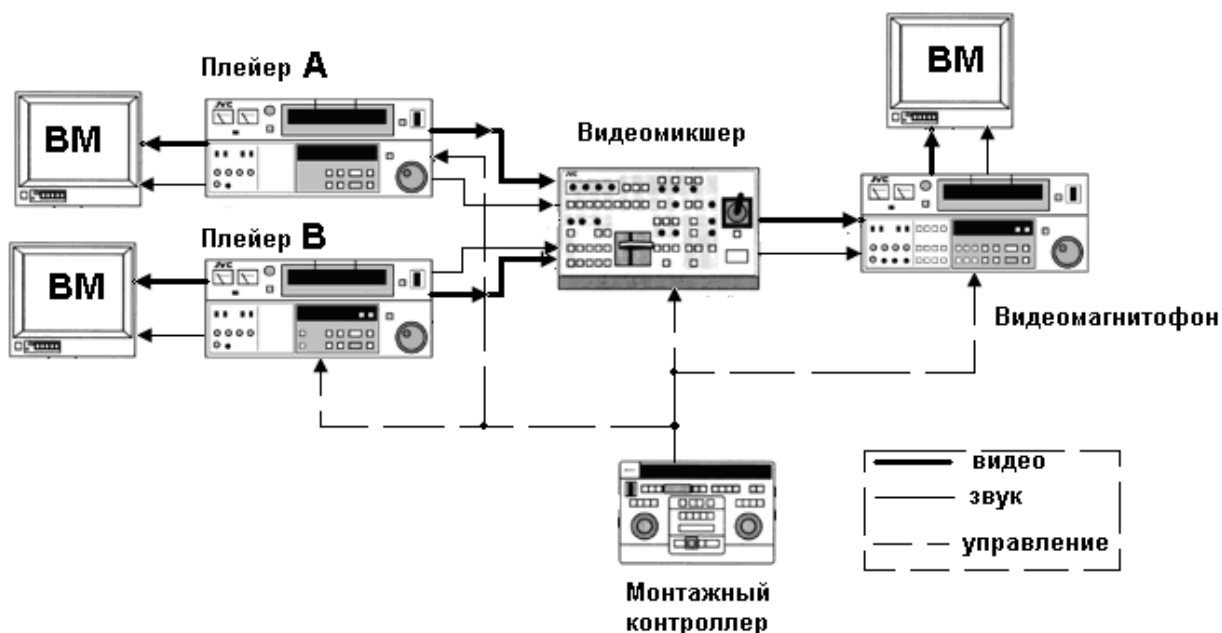


Рис. 8. Система линейного видеомонтажа типа **A/B-Roll**.

В том месте, где требуется создать склейку с плавным переходом, плееры под управлением контроллера включаются одновременно в режим воспро-

изведения ранее отмеченных по временному коду видеофрагментов. В результате на видеомикшер подаются два сигнала (два потока) которые микшируются с созданием различных видеоэффектов в области перехода от одного видеофрагмента к другому. Процесс монтажа **A/B-Roll** иллюстрируется на рис. 9. Видеоплейеры **A** и **B** запускаются с перекрытием во времени на продолжительность эффекта, их выходные сигналы подаются на два входа видеомикшера. Существенное отличие этой схемы состоит в одновременном

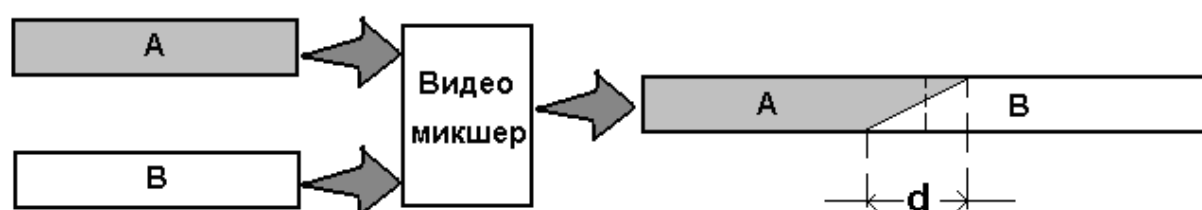


Рис. 9. Принцип монтажа **A/B-Roll**. **A**, **B** – фрагменты, **d** – длительность монтажного перехода.

использовании двух информационных потоков, их специальной обработке в видеомикшере и записи результата на мастере.

В линейных системах может использоваться профессиональная и полупрофессиональная аппаратура разных форматов, в связи с чем возникает проблема управления от монтажного контроллера. Дело в том, что монтажные контроллеры управляют по интерфейсу **RS-422**, профессиональные видеомagneтофоны имеют такой интерфейс, тогда как другая аппаратура может его не иметь. В частности, широко используемая аппаратура **DV** управляется по бытовому интерфейсу, например **LANC**. Решением, позволяющим объединить в одной монтажной линейке профессиональное видеооборудование с интерфейсом управления **RS-422** и оборудование с интерфейсом **LANC**, является использование преобразователя интерфейса **RS-422** в **LANC**.

6.2 Системы нелинейного видеомонтажа

Любая система нелинейного видеомонтажа (СНВ) состоит из аппаратной и программной составляющих. Аппаратная часть характеризуется следующими признаками и свойствами: компьютерная платформа, на которой работает система; типы входных/выходных интерфейсов; способ управления внешними устройствами; параметры кадра, форматы компрессии; ТВ-стандарты, типы развертки; спецэффекты в реальном времени; форматы звукового сигнала. Программное обеспечение СНВ оценивается по удобству интерфейса, по количеству используемых видеослоев, возможностям экспорта/импорта графики, разнообразию эффектов, возможностям по обработке звука. Оптимальным вариантом считается, когда разработчик программного обеспечения предоставляет его вместе с платой ввода/вывода и дает рекомендации по конфигурации компьютера. В этом случае достигается максимальная производительность системы при максимальной надежности.

СНВ могут работать с любыми аналоговыми и цифровыми источниками сигналов, с разнообразной аппаратурой для записи итоговой программы.

Основные инструменты видеомонтажа: временная линейка на которой монтируемая программа представляется в виде последовательно расположенных фрагментов (клипов), здесь же отражаются все произведенные изменения в структуре программы; окно библиотеки используемых клипов, окно **Source** для просмотра источников и окно **Master** просмотра результата монтажа. Масштаб горизонтальной шкалы временной линейки задается в соответствующих установках, но чаще всего отображается временной код. Совершенствование СНВ привело к тому, что любая из них выполняет не только операции монтажа (склейка, переходы, эффекты), но и многие операции по обработке видео и звука, нанесение титров и др.

Все оборудование, входящее в СНВ должно быть совместимо друг с другом, информация от одного элемента к другому должна передаваться

без искажений. Видеосигналы (аналоговые и цифровые) с внешних источников поступают на плату ввода/вывода. Взаимодействие программы видеомонтажа с платой ввода/вывода осуществляется с помощью драйверов. Плата ввода/вывода – устройство, позволяющее компьютеру принимать, обрабатывать и передавать на внешние устройства видеоданные. Совокупность инструкций, предписывающих компьютеру определенные операции по обработке данных, называется программой. Программа работает с данными, хранящимися в компьютере в виде организованной по определенному алгоритму совокупности данных, называемых файлом. Во время работы программы требуется не только выполнять операции над файлами, но и обращаться к различным устройствам компьютера, в частности, к плате ввода/вывода.

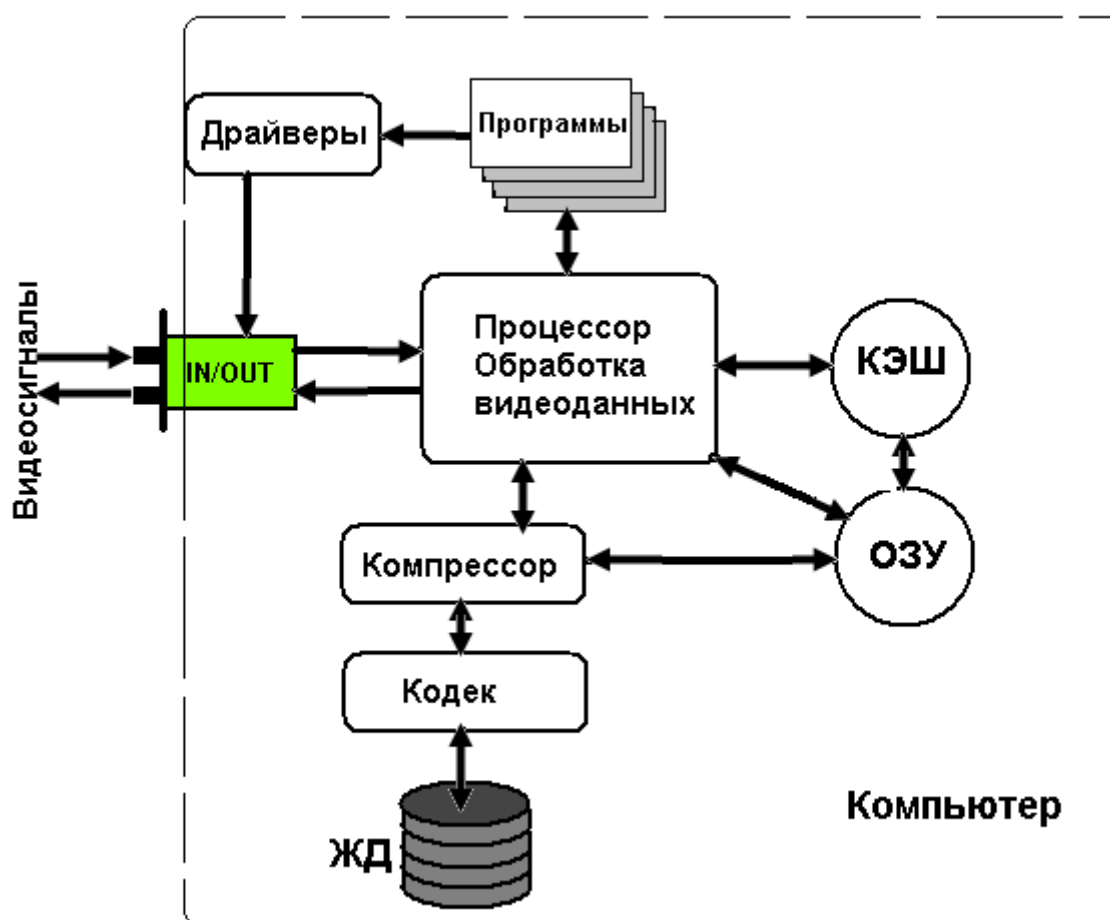


Рис. 10. Схема обработки видеосигналов в СНМ.

Взаимодействие программы с устройствами обеспечивается специальной программой, называемой драйвером. Драйвер должен уметь обращаться не только с устройствами, но и с операционной системой компьютера. Поэтому в общем случае для разных операционных систем требуются разные драйверы. Эффективность внешнего или внутреннего устройства компьютера в большой степени зависит от качества драйвера.

Схематически алгоритм обработки видеоданных в СНМ можно представить следующим образом (рис. 10). На вход платы ввода/вывода подаются аналоговые и цифровые данные, которые поступают в процессор обработки.

После оцифровки цифровые данные компрессируются, кодируются и записываются в виде файла на жесткие диски. При импорте файла в программу данные воспроизводятся с диска, декодируются, декомпрессируются и визуализируются в программном окне. Воспроизведенные данные программа хранит в оперативной памяти ОЗУ, а если ее не хватает, то на свободном пространстве диска. Чтобы часто не обращаться к диску (а это медленный процесс по сравнению с ОЗУ) фрагмент данных, обрабатываемых в данный момент заносится в специально выделенную область оперативной памяти в которой он обрабатывается и уже в обработанном виде записывается на диск. Такая технология ускорения обработки называется кэшированием, а выделенная область оперативной памяти, в которую загружается блок обрабатываемых данных, называется кэш-памятью. Все операции по обработке ведутся не над записанным на диске файлом, а над его копией, которая хранится на диске или в ОЗУ как временный файл. При импорте файла программа создает полную его копию и одновременно отображает его в окне программы. Процесс оцифровки (захвата) означает компрессию

видеоданных, их кодирование в формат файла (например, AVI) и запись на диск. Точно такие же операции выполняются и при сохранении файла. Процесс выполнения склейки проводится следующим образом. После установки на временную линейку окна программы двух фрагментов намечается только план дальнейших действий: при сохранении сюжета с диска воспроизводится сигнал 1-го фрагмента и записывается в новый файл, затем воспроизводится сигнал 2-го фрагмента и записывается последовательно с первым фрагментом. При каждом цикле воспроизведение/запись происходят декодирование - декомпрессия – компрессия – кодирование, что может привести к потере информации. Экспорт файла с диска на внешнее устройство предусматривает импорт его в программу, а затем передачу видеосигнала на внешнее устройство. Формат сигнала в котором он будет подаваться на внешнее устройство задается установками видеозахвата (**Project**). Таким образом, экспорт на внешнее устройство отличается от экспорта в файл тем, что параметры сигнала задаются в установках Project, а не в установках экспорта.

Обобщенная схема программно-аппаратного комплекса СНВ приведена на рис. 11.

Программы видеомонтажа обеспечивают вывод программы не только в окно программы, но и на качественный внешний видеомонитор. Это дает возможность увидеть, как реально выглядит программа на экране и не перегружать оконный интерфейс.

Платы ввода/вывода видео и звука имеют, прежде всего, аналоговые и цифровые интерфейсы для подключения к различным устройствам. На них также устанавливаются аппаратные кодеки для ввода и вывода материала в нужном формате и стандарте. Кодеки производят оцифровку видео и звука, компрессию/декомпрессию, тем самым, освобождая центральный процессор от части задач. Часто платы имеют внешнюю выносную панель с разными входами/выходами для видеосигналов и сигналов синхронизации. В результате производительность и возможности системы монтажа значительно повышаются.

При монтаже также используется звуковая система, для реализации которой необходима звуковая плата /карта.

Платы бывают однопотоковыми, двух и более потоковыми. Однопотоковые платы работают только с одним видеопотоком, а двухпотоковые позволяют работать одновременно с двумя потоками. Двухпотоковый режим дает возможность проводить микширование в реальном времени.

6.3 Одно- и двухпотоковая архитектуры систем нелинейного видеомонтажа

На начальном этапе СНМ в основном использовались для задач постпроизводства, поскольку цифровая система была построена аналогично монтажному комплексу линейного монтажа, т.е. по однопотоковой архитектуре. Это означает, что при работе задействуется только одна копия исходного видеофайла. В то же время, если требуется несколько больше, чем просто разрезать/склеить имеющиеся фрагменты, необходимо сформировать и задействовать вторую копию исходного видеофайла (по крайней мере, его части). Т.е. для создания любого микшерного перехода или

эффекта между двумя фрагментами (**A** и **B**) в оперативной памяти компьютера необходимо одновременно содержать кадры как заканчивающегося фрагмента **A**, так и начинающегося **B**, последовательно загружая их с жесткого диска, декодируя, декомпрессируя и производя просчет новых кадров результирующего клипа, затем осуществляя обратную компрессию и запись на диск. Необходимость в декодировании и декомпрессии связана со следующим. Цифровое представление видеосигнала в аппаратуре видеозаписи отличается от компьютерных форматов, например, **AVI**. На жесткий диск видеосигнал копируется в компьютерном формате, потому непосредственно прочесть его программой редактирования невозможно. В результате каждый кадр монтируемых видеофрагментов при загрузке с жесткого диска декодируется/декомпрессируется, в процессоре компьютера производится просчет новых кадров результирующего сюжета. Чтобы записать новые кадры снова на диск нужно снова произвести компрессию/кодирование сигнала. Этот процесс называется рендерингом (**rendering**). В результате для просчета даже сравнительно простых эффектов и переходов требуется в несколько раз больше времени (а порой и в десятки раз – все зависит от сложности эффекта), чем собственно время их проигрывания. Нередки ситуации, когда оператор, задав на первый взгляд правильные параметры перехода, вынужден подолгу ожидать окончания процесса его просчета, чтобы потом отвергнуть полученный результат и повторить весь цикл заново с новыми параметрами.

Обработанный на компьютере видеосюжет не может быть непосредственно записан на видеокассету без дополнительного декодирования. Осуществить декодирование можно двумя способами: с помощью программного кодека или аппаратного кодека.

Двухпоточная архитектура систем нелинейного видеомонтажа

Современные платы нелинейного монтажа для операций компресии и декомпрессии, кодирования видео эффективно задействуют уста-

новленные на них микросхемы, что, безусловно, ускоряет рендеринг, но не приводит к его выполнению в реальном времени. Для достижения последнего необходимо использование специализированного вычислительного устройства, "заточенного" на просчет определенного класса эффектов и переходов. Отметим, что поскольку набор аппаратно выполняемых эффектов фиксирован для каждого устройства и зависит от его специализации и модели, то всегда будут возникать нестандартные задачи, полностью или частично загружающие процессор компьютера.

Однако наличие подобного специализированного устройства само по себе не устраняет проблему рендеринга - на его вход необходимо одновременно подавать два потока декомпрессированного видео. Системы нелинейного монтажа реального времени используют двухпотокową плату компрессии/декомпрессии видео и дополнительную плату собственно цифровых эффектов. Опирируя с двумя потоками, подобные цифровые системы могут выполнять в реальном времени и другие необходимые функции, присущие классическим монтажно-микшерским аналоговым комплексам типа **A/B-Roll** , например, титрование, различные виды рир-проекций.

Двухпотокový процесс нелинейного видеомонтажа осуществляется следующим образом. Видеофайлы с жесткого диска декодируются, декомпрессиируются, превращаются в два потока данных, которые затем одновременно подаются на устройство микширования и эффектов. Далее обработанный видеосигнал в реальном времени подается на устройство записи (жесткий диск, видеомагнитофон) или отображается на видеомониторе. Преимущества двухпотоковой СНМ над однопотоковой следующие. Видеоэффекты, переходы, титры и рирпроекция выполняются в реальном времени. Монтажер получает возможность оперативно изменять параметры эффектов без затрат времени на просчет многочисленных вариантов.

Повышается качество программы за счет уменьшения числа операций кодирования/декодирования и компрессии/декомпрессии. В двухпоточковых СНМ первый раз сигнал компрессируется при оцифровке, кодируется при записи на жесткий диск, второй раз декодируется/декомпрессируется перед подачей на устройство эффектов, тогда как в однопоточковых системах этот цикл выполняется, дважды: первый раз при записи на диск исходного сигнала и последующем восстановлении перед просчетом эффекта, второй раз при записи на диск результата просчета и его восстановлении для окончательного вывода.

7 Требования к элементам системы видеомонтажа

В аппаратные средства входят: центральный процессор, шина, ОЗУ, видеоплата, графический ускоритель, интерфейсы ввода/вывода, дисковые накопители. Обработка видеофайлов затруднена не столько большими объемами данных, сколько необходимостью обеспечить непрерывность обработки. Видеоплата компьютера предназначена, прежде всего, для вывода на экран изображения пользовательского интерфейса. Видеоплата оснащается специализированными микросхемами для просчета видеоизображений, за счет чего центральный процессор разгружается, и тем самым, повышается скорость его работы. В этом и состоит функция графического ускорения.

Плата ввода-вывода для подключения различной аналоговой и цифровой аппаратуры должна содержать от 10 и более различных разъемов. Однако небольшая площадка слота на компьютере не позволяет этого сделать. Решений здесь может быть два. Первый и самый простой способ заключается в использовании многожильного длинного кабеля с многоконтактным разъемом (например, **D-SUB**) на одном конце и отдельных аудио и видео разъемов на другом. Недостатки такого способа: ненадежность и неудобство в эксплуатации конструкции; повышенный уровень помех.

Второе решение заключается в использовании выносного блока, в котором всевозможные аналоговые видеосигналы (композитный, компонентный, S-Video) преобразуются в один формат, например, компонентный для видео и симметричный для звука. В результате уменьшается количество соединительных линий, повышается надежность работы. Во внешнем блоке могут устанавливаться предварительные усилители сигналов, аналого-цифровые преобразователи, так что обмен данными с компьютером осуществляется в цифровом формате, что устраняет многие проблемы.

Важное значение для СНМ имеет дисковая система компьютера. Фрагменты записываются в файлы очень больших размеров, поэтому необходимы жесткие диски большой емкости. Обработка видеоданных затруднена не только большими объемами данных и скоростями (скорость цифрового потока до 270 Мбит/с), но и тем, что эти данные должны быть обработаны за строго определенное время. Цифровые данные записываются на жесткие диски, поэтому последние должны успевать их записывать, в противном случае данные теряются. Диски должны быть оптимизированы для записи именно видеопотока, чтобы поддерживать нужную скорость записи достаточно долго. В обычных дисковых накопителях магнитные головки периодически останавливаются во время записи для проведения так называемой термокалибровки. Потеря данных за время термокалибровки приведет к выпадению кадров изображения.

7.1 Форматы компьютерных файлов

Процесс записи сигнала на диски компьютера называется захватом или оцифровкой. В компьютере все данные кодируются и представляются в виде файлов определенного типа. Используются следующие основные типы файлов:

video с расширением **.avi**, **.mov** и др – содержат видеофрагменты со звуком или без него;

audio с расширением **.wav**, **.mp3**, **.aiff** и др – содержат звуковые программы; **image** с расширением **.gif**, **.jpg**, **.tiff**, **.bmp** и др. – содержат рисунки, статические изображения. В общем случае эти файлы называются медиа-файлами. Любая система монтажа может работать с многими типами файлов.

Самый распространенный формат хранения в компьютере это **AVI (Audio and Video Interleave)** с чередованием звуковых и видео данных. Чередование данных необходимо для обеспечения непрерывности звукового сигнала, поэтому для **AVI**-файлов характерно непрерывное воспроизведение звука даже при прерывании видео. В эти файлы в основном записываются данные без сжатия, но можно и со сжатием при наличии соответствующего кодека. Для того чтобы воспроизвести сжатый файл, необходим соответствующий видеокодек. Система поддерживает те видеоформаты, для которых имеются соответствующие видеокодеки. Чтобы узнать перечень этих кодеков, достаточно открыть панель видеокодеков монтажной системы по обычной схеме: панель управления → Звук и мультимедиа → Устройства → Видеокодеки → Свойства. Звуковое сопровождение в **AVI**-файлах может быть со сжатием имеющимися кодеками **MP3**, **ADPCM**, **WMA(Windows Media audio)**, или без сжатия.

Популярным форматом видеофайлов является также **QuickTime**, особенностью которого является возможность использования нескольких дорожек, причем форматы данных на дорожках могут быть различными. Другим достоинством **QuickTime** является поддержка элементов интерактивности. Можно, например, выключать голос исполнителя и др. Звук в **QuickTime** представляется в формате **MP3**.

Файлы, сжатые в стандарте **MPEG1** имеют расширение **.mpg**, а с помощью **MPEG2** соответственно **.mp2**.

Каждая программа видеомонтажа работает с определенным типом файлов. Перечни файлов, поддерживаемых программой **Adobe Premiere Pro 2.0** в режимах импорта и экспорта, приведены ниже.

Файлы, поддерживаемые при импорте

Adobe Premiere Pro позволяет импортировать в программу большое число видео и звуковых форматов, в том числе 10-битовые форматы стандартной и высокой четкости. Соответствующие программные модули входят в **Adobe Premiere Pro**. Конкретный перечень импортируемых видео и анимационных форматов следующий.

Видеоформаты: **ASF, Type 2 AVI, MPEG, MPE, MPG, M2V, QuickTime (MOV; требуется плеер QuickTime), DLX, Windows Media File (WMV), Animated GIF, Filmstrip (FLM), Adobe Premiere 6.0 or 6.5 (PPJ), Adobe Premiere Pro (PRPROJ), Advanced Authoring Format (AAF), After Effects Project (AEP), EDL, PLB.**

Звуковые форматы: **Audio Interchange File Format (AIFF), AVI, MP3, MPEG, MPG, QuickTime (MOV; требует плеер QuickTime), WAVE (WAV), WMA.**

Форматы статических изображений: **Adobe Illustrator (AI), Adobe Photoshop (PSD, Bitmap (BMP, DIB, RLE), EPS, GIF, ICO, JPEG, JPE, JPG, JFIF, PCX, PICT, PIC, PCT, Portable Network Graphics (PNG), PTL, PRTL, (Adobe Title Designer), Targa (TGA, ICB, VDA, VST), TIFF, PSQ.**

Примечание: можно импортировать многослойные файлы **Illustrator** и **Photoshop** как фильмы.

Файлы, поддерживаемые при экспорте:

Advanced Authoring Format (AAF), Macromedia Flash Video (FLV), Microsoft AVI and DV AVI, Animated GIF, MPEG-1 (and MPEG-1-VCD), MPEG-2 (and MPEG-2-DVD), RealMedia, QuickTime, Windows Media

Audio-only formats, Microsoft AVI and DV AVI, MPG, PCM, Dolby© Digital/AC3, WMA, RealMedia, QuickTime, Windows Audio Waveform (WAV), Still-image formats, Targa (TGF/TGA), TIFF, Windows Bitmap (BMP), Sequence formats GIF sequence, Targa sequence, TIFF sequence, Windows Bitmap sequence.

Примечание: следует иметь в виду, что поддержка конкретных файлов зависит от типа используемых плат ввода/вывода, от наличия дополнительных программных модулей.

Практика показывает, что производительность **Adobe Premiere Pro 2.0** с аппаратной поддержкой, например, платой **Matrox RT.X2** существенно выше (до уровня реального времени), чем в случае использования программных модулей.

7.2 Характеристики накопителей. Способы организации хранения видеоданных

Для работы в монтажных системах предпочтительно иметь высокоскоростные диски **Ultra 3 Wide SCSI** (до 160 Мбайт/с). Использование **SCSI** желательно не только из-за большой скорости передачи по шине, но и из-за поддержки многопоточкового режима на аппаратном уровне. Рекомендуются диски с частотой вращения не менее 7200 об/мин. При меньшей частоте вращения будут иметь место выпадения кадров в момент перехода магнитных головок на другую дорожку. Но и при большой частоте вращения кадры могут выпадать, если диск фрагментирован. Следует также иметь в виду то обстоятельство, что из-за особенностей функционирования компьютера реальная скорость записи на диски не превышает 75% от скорости передачи по шине.

Проблема большой скорости видеопотока решается путем его распараллеливания и одновременной записи каждого потока на свой диск. По

такому принципу работают **RAID**-массивы, представляющие собой систему из нескольких дисков с управляющим контроллером. В зависимости от способа организации записи по дискам **RAID**-массивы классифицируются по нескольким уровням.

Идея объединения нескольких сравнительно дешевых жестких дисков в одно логическое устройство с целью повышения общей емкости, быстродействия и надежности была высказана еще в конце 80-х годов прошлого века, а

RAID стали интерпретировать как **Redundant Arrays of Independent Discs** - резервированный набор независимых дисководов. Стоимость внешних **RAID** -систем снижается не так быстро, как цены на базовые диски – последние определяют лишь часть затрат на создание полной системы. Весьма существенную ее долю составляют специализированный контроллер (со встроенным процессором) и программное обеспечение, собственно и обеспечивающие совместную эффективную работу дисков как единого целого.

Способы организации хранения данных

Первые видеомонтажные рабочие станции строились по принципу самодостаточности – мощная вычислительная база сочеталась в одном корпусе с многодисковой подсистемой памяти. Со временем рабочая станция быстро устаревала, при этом переход со старой системы на новую, перенос программного обеспечения и данных был весьма трудоемок и длителен. Поэтому появилась идея «отвязать» дисковую память от конкретной станции, поскольку замена дисков при необходимости наращивания вычислительных мощностей оказывалась более простой задачей. В результате появились системы **DAS** (**D**irect **A**ttached **S**torage) – независимые дисковые системы хранения, напрямую подключаемые к рабочим станциям и серверам по **SCSI** интерфейсу. Конструктивно это **RAID** -массивы на

4-16 дисков в отдельном корпусе со своим процессором и оперативной памятью, надежным (избыточным) питанием и охлаждением, встроенной системой управления и самодиагностики. Несмотря на сложную внутреннюю организацию, компьютерами они видятся как обычные **SCSI** устройства. Рабочие станции могут объединяться в локальную **Ethernet** сеть, обеспечивающую работу над одним и тем же материалом нескольким пользователям.

Практика показала, что пока объем общих данных невелик, а число рабочих станций (серверов) не превышает 2-3, такая классическая архитектура построения сети вполне удовлетворяет реальным потребностям студии. Однако, по мере ее развития, приобретения под новые задачи дополнительных станций (опять же со своими **RAID** массивами) и соответствующего роста объема данных даже гигабитная сеть не справляется с пересылаемыми потоками и регулярно становится узким местом, существенно снижающим общую производительность. Кроме того, в связи с резким ростом объемов производства видеопродукции, и особенно с многократным увеличением числа телевизионных сериалов, особую остроту приобрела проблема эффективной обработки исходного видеоматериала последовательно несколькими специалистами. Пересаживать их с одной рабочей станции на другую? Перегонять рабочий материал по сети (а это терабайты)? Или даже переносить (если не перевозить) **DAS** систему хранения (от 15 до 40 килограмм) от одного компьютера к другому? Все эти способы известны из практики, но они только увеличивают время и сложность работы над проектом.

Выход найден в использовании преимуществ интерфейса **Fibre Channel** и построении на его основе специализированной сети только для передачи данных между рабочими станциями (серверами), отделив ее от локальной сети прочих пользователей. Это не просто обычный интерфейс между двумя устройствами. Очень упрощенно его идею можно изложить

так: высокоскоростная передача потоков данных (подобно **SCSI**) по последовательным каналам с возможностью коммутации и маршрутизации (подобно обычным **Ethernet** сетям) и работой на больших расстояниях (до десятков километров). Физическая реализация канала может быть и на основе медного кабеля (но с существенными ограничениями по скорости и дальности), однако в основном используется оптоволокно с дальностью работы до 300 м на оптических многомодовых кабелях и до 10 км на одномодовых кабелях). Скорости передачи данных - 1 Гбит/сек, 2 Гбит/сек и 4 Гбит/сек. С учетом того, что для соединения устройств применяются два оптических кабеля, каждый из которых работает в одном направлении, при сбалансированном наборе операций записи/чтения скорость обмена данными удваивается, т.е. **Fibre Channel** работает в полнодуплексном режиме. Топология **FC** напоминает сетевую – это может быть и последовательное соединение устройств в кольцо, и точка-точка соединение (в результате практически ничем не отличается от **SCSI**, разве что расстояния между устройствами могут быть на порядки больше). Но самая популярная и перспективная топология **Fibre Channel** – это подключение через коммутируемую матрицу **Switched Fabric**. Несмотря на определенную функциональную схожесть с хабом или маршрутизатором обычного **Ethernet**, **FC** матрица принципиально от них отличается по производительности. Через нее различные устройства одновременно и параллельно работают на полной скорости, нисколько не мешая друг другу, как если бы они были соединены друг с другом напрямую. Таким образом, применение **FC** дает возможность принципиально изменить архитектуру компьютерной сети любой организации.

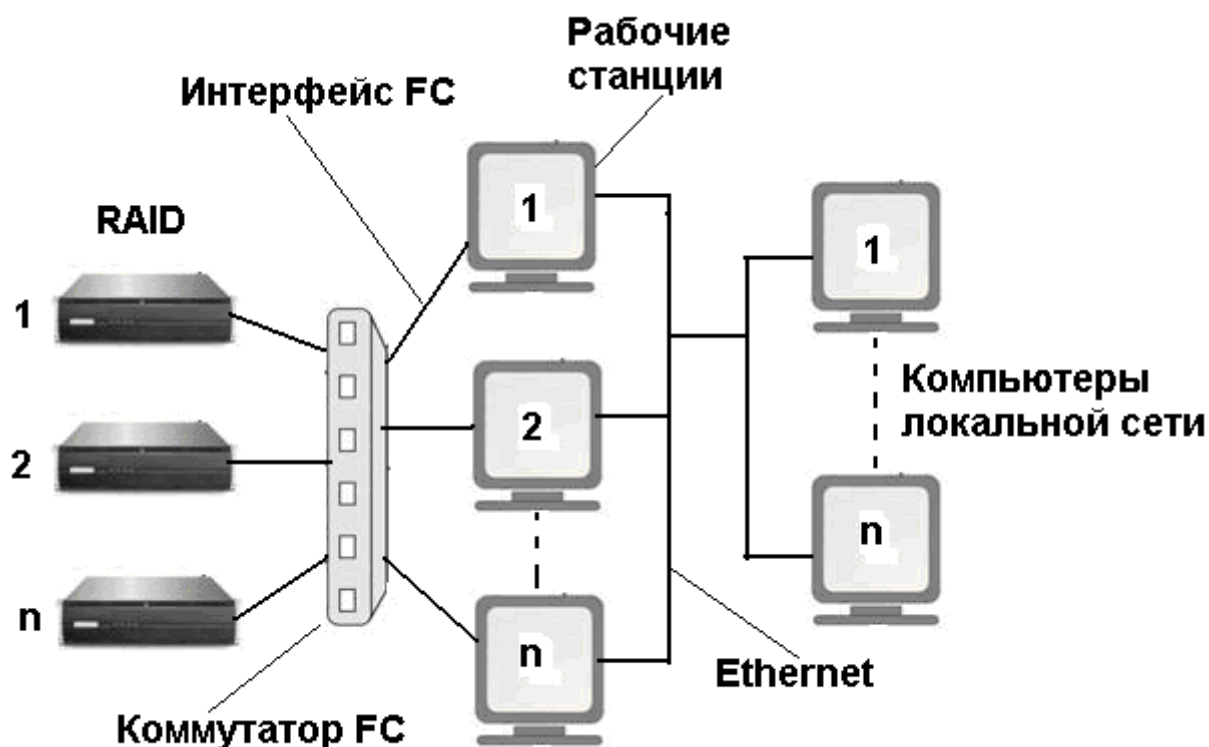


Рис. 12. Архитектура конфигурации сети большой монтажной системы.

В этом варианте конфигурации (рис. 12) любая станция (сервер) может обращаться к любому, разрешенному администратором системы дисковому ресурсу. Более того, возможен доступ к одному и тому же диску нескольких устройств одновременно, причем с высокой скоростью, не идущей ни в какое сравнение со скоростью передачи данных по **Ethernet**. И что особенно важно – будущее наращивание и масштабирование вычислительных средств студии перестает быть головоломной задачей. В зависимости от того, нехватка каких возможностей возникла, достаточно добавить либо новую рабочую станцию, либо новую систему хранения, подключив их к сети через **FC** коммутатор-матрицу. При таком построении отпадают и проблемы «переноса» данных с одного рабочего места на другое. По завершении очередного этапа работы над программой другой сотрудник сразу начинает заниматься этой же программой, никуда не перемещая файлы

и нисколько не теряя в скорости доступа к данным. Более того, вполне возможна и одновременная работа нескольких пользователей над одним проектом, что существенно ускоряет производственный процесс. Фактически, все подключенные таким образом дисковые массивы при использовании специального программного обеспечения образуют единую совместную систему хранения студии. Эта прогрессивная технология получила название **SAN** (**Storage Area Network**, сеть систем хранения).

Кроме всего прочего, переход на **FC** позволяет устранить шум из видеомонтажной. Множество жестких дисков, блоков питания с вентиляторами охлаждения шумит весьма заметно. Для людей, работающих в монтажной с утра до вечера, этот шум является весьма серьезной проблемой. Применение же **Fibre Channel** позволяет решить эту проблему. Допустимого расстояния в сотни метров в любом здании хватит для удаления рабочих компьютеров от систем хранения (**SAN** сети) чтобы не слышать шум.

Единственный недостаток **FC** – сравнительно высокая стоимость оборудования (особенно коммутаторов). Поэтому надо признать, что применение **Fibre Channel** для малых студий на две-три рабочих станций (сервера) все еще экономически неоправданно. И для них пока более разумным остается классическая **DAS** архитектура.

RAID массивы

Основные задачи, которые призван решить **RAID** массив как система объединения нескольких дисков в одно логическое устройство, это увеличение емкости, скорости записи/воспроизведения и повышение надежности хранения данных. Обеспечение высокой надежности хранения данных достигается как на аппаратном уровне (избыточные блоки питания и вентиляторы охлаждения, выделение нескольких дисков для «горячего» резервирования, возможность установки специального модуля с батареей-

аккумулятором для сохранения данных кэш-памяти при аварийном отключении питания), так и программном (интеллектуальная система самодиагностики дисков, контроля напряжения и температуры). Важным является выбор **RAID** уровня, обеспечивающего необходимый компромисс между эффективностью работы массива (доступный объем и быстродействие) и его надежностью хранения (допустимым числом отказавших дисков).

В современных дисковых массивах используются специализированные контроллеры, поддерживающие следующие **RAID** – уровни.

RAID 0 – простое распараллеливание данных по нескольким дискам, веерная запись/воспроизведение блоками на все установленные диски. В результате получается высокая производительность, минимальная цена на гигабайт хранения, но слабая защита от сбоев.

RAID 1- зеркалирование, т.е. дублирование всех файлов записей на две идентичные группы дисков. Обеспечивается самая высокая степень защиты критически важных данных, но как следствие - вдвое меньший доступный объем хранения.

RAID 3 – входной поток данных разбивается на блоки, по всем битам которых вычисляются контрольные значения четности. Запись/воспроизведение осуществляются параллельно на все диски, но при этом для контрольных данных выделяется отдельный диск. При сохранении высокого быстродействия (сравнимого с **RAID 0**) данные не теряются при выходе из строя одного (любого) из дисков. Данный уровень показывает хорошее быстродействие при воспроизведении/записи больших файлов, что характерно для различных задач обработки видео. Однако в приложениях, характеризующихся большой интенсивностью коротких запросов эффективная скорость быстро падает. В частности, это обусловлено хранением всей резервной информации только на одном выделенном диске, так что он становится «узким» местом - все последующие запросы ждут завершения обработки предыдущего.

RAID 5 – аналогичен **RAID 3**, но запись значений четности распределена между всеми дисками. Кроме того, уменьшен размер блоков записываемых данных, что увеличивает быстродействие системы при большом количестве запросов на запись/воспроизведение небольших файлов.

Уровни **RAID 0+1, 30 (3+0), 50 (5+0)** - это комбинированные варианты, в которых роль отдельных дисков играют **RAID** массивы соответственно **0, 3** или **5** уровня.

Жесткие диски для RAID массивов

Несмотря на все хитроумные способы организации записи - /воспроизведения данных, надежность хранения в первую очередь зависит от стабильности работы используемых в системе жестких магнитных дисков. Для **RAID**-массивов не подходят стандартные диски, предназначенные для обычных компьютеров, хотя они обладают большой емкостью, высокой надежностью и сравнительно низкой стоимостью. Связано это с тем, что во все современные жесткие диски для повышения надежности хранения данных встроена автоматическая функция коррекции ошибок. При ее разработке исходили из того, что жесткий диск не должен отправлять куда-либо сообщение о каждой обнаруженной ошибке чтения, загружая тем самым другие устройства (в том числе процессор компьютера) ненужной дополнительной работой. Напротив, он должен предпринять все возможное для самостоятельной коррекции обнаруженной ошибки, для начала многократно пытаться прочитать сбойный блок, а потом исключив его из использования, сделав переназначение «плохого» сектора на «хороший». Погрузившись в данную "внутреннюю" операцию, диск начинает отвечать на внешние запросы с большой задержкой, тем большей, чем интенсивней поступают на него команды записи/воспроизведения. И это хорошо до тех пор, пока этот диск функционирует сам по себе, являясь самостоятельным устройством хранения данных, не входящим ни в какие **RAID** массивы. Однако когда такой диск является

частью сложной системы управляемой специализированным интеллектуальным **RAID**-контроллером, он может тормозить всю систему.

Одной из важнейших задач аппаратного контроллера **RAID** является постоянный анализ распределяемых между дисками данных на предмет возможного появления и немедленной коррекции ошибок. Поэтому **RAID** контроллер, отвечая за работоспособность всей системы, ожидает ответа от каждого диска строго определенное время (обычно не более 8 секунд), по истечении которого считает, что вовремя не ответивший диск неисправен, и принимает решение об его исключении из системы с последующим перераспределением данных между оставшимися дисками. При этом нагрузка на них возрастает, и в этих условиях и второй диск может вовремя не ответить, что уже приведет к крушению всей системы с потерей данных (напомним, что в наиболее популярных **RAID** уровнях **3** и **5** резервные данные хранятся только на одном диске и выход сразу двух фатален - все данные теряются).

Основным параметром надежности жестких дисков является время наработки на отказ **MTBF (Mean Time Between Failure** – среднее время между отказами). К сожалению, сведений о корреляции **MTBF** с реальной статистикой отказов нет, однако понятно, что чем **MTBF** больше, тем диски должны быть надежнее. Для дисков **SATA** параметр **MTBF** не превышает 500 000 часов, для **SCSI** дисков этот показатель по данным производителей равен 1 200 000 часов (более 100 лет непрерывной работы!)

Программы видеомонтажа обычно поставляются вместе с определенным типом плат ввода/вывода и рекомендацией по конфигурации компьютера. Это означает, что возможности системы реализуются наиболее полно именно в такой связке. В частности, разработчик программы **Adobe Premiere Pro 2.0** рекомендует следующую конфигурацию компьютера:

- процессор: **Intel Pentium 4** 1,4ГГц для работы с **DV** (**Pentium 4** 3,4ГГц для работы с **HDV** и **Dual Intel Xeon** 2,8ГГц для работы с **HD** видео, или

аналогичные по производительности процессоры **AMD** с поддержкой **SSE2**);

- операционная система: **Microsoft Windows XP Professional** или **Home Edition Service Pack 2**;

- 512МБ оперативной памяти для работы с **DV** и 2ГБ для работы с **HDV** и **HD**;

- 4 ГБ дискового пространства для инсталляции;

- жесткий диск с частотой вращения 7200 об/мин для работы с **DV**, и массив дисков **Raid 0** для работы с **HD**;

- привод **DVD-ROM**;

- **Microsoft DirectX** совместимая звуковая карта (**ASIO** совместимая для создания **surround sound**);

- программное обеспечение **Apple QuickTime 6.5**;

- монитор с поддержкой разрешения 1280x1024 и с видеокартой, обеспечивающей 32-битную глубину цвета;

- **ОСН** совместимый контроллер **IEEE1394** для **DV** и **HDV** (для **HD** – аппаратная карта ввода/вывода **AJA Xena HS**).

Вопросы для самопроверки

1. Принципиальные различия систем линейного и нелинейного видеомонтажа.

2. Основные требования к платам ввода/вывода.

3. Недостатки однопоточковой системы нелинейного видеомонтажа.

4. Чем различаются дисковые массивы **RAID 0** и **RAID 1**?

8 Интерфейсы передачи данных

СНМ представляют собой сложный комплекс аппаратуры. В процессе работы должны осуществляться вводы и выводы сигналов разных стандартов и форматов, а также управление режимами работы одних устройств другими. Решаются эти задачи с помощью интерфейсов переда-

чи данных и управления. Чтобы система работала надежно и эффективно, необходимо устанавливать некоторые правила по упорядочению обменом информацией, согласовывать входные и выходные параметры этих устройств. Совокупность линий связи, соединителей (разъемов), правил организации информационных потоков и соответствующих управляющих алгоритмов (программ) называется интерфейсом. По типу передаваемых сигналов интерфейсы делятся на аналоговые и цифровые, по назначению – на видео и звуковые, а по выполняемым функциям - на интерфейсы передачи данных и интерфейсы управления.

Структурная схема любого интерфейса приведена на рис. 13.

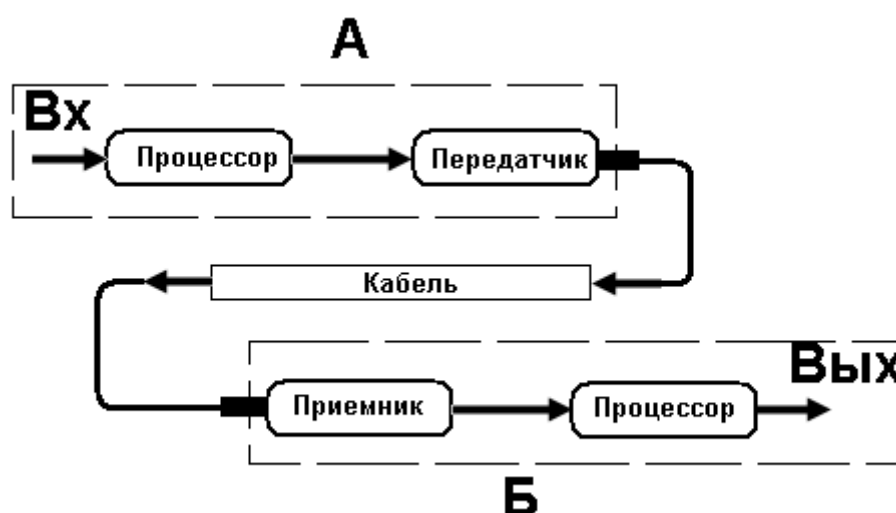


Рис. 13. Структурная схема интерфейса. А – передающая сторона, Б – приемная сторона.

Входной сигнал **Вх** кодируется в процессоре, обрабатывается в передатчике для согласования с соединительным кабелем. На приемной стороне сигнал принимается приемником, обрабатывается в процессоре и поступает на последующие блоки аппаратуры.

8.1 Аналоговые видеоинтерфейсы

Аналоговые интерфейсы предназначены для согласованной передачи следующих аналоговых сигналов телевизионной системы: композитного,

S-Video (Y/C), компонентных **Y**, **R-Y**, **B-Y** и сигналов основных цветов **RGB**, звуковых сигналов.

Композитный интерфейс

Интерфейс для композитного сигнала, иногда называемого **CVBS** (**Chroma, Video, Blanking, Sync**), реализуется через разъем типа **RCA** (**Radio Corporation of America**) («тюльпаны») или **BNC** (рис. 14).



Рис. 14. Разъемы **RCA** (1) и **BNC** (2).

Композитный видеосигнал (или то же самое, что полный цветовой видеосигнал) передается по одному кабелю и состоит из полного сигнала яркости и сигнала цветности. Полный сигнал яркости включает сигнал яркости **Y**, несущий информацию о яркости изображения, и сигналы синхронизации. На аппаратуре разъем композитного сигнала может обозначаться как **VIDEO** или **COMPOSITE**. Полное соединение по композитному интерфейсу осуществляется с помощью трёх 3,5-миллиметровых **RCA**-разъёмов: белого (звуковой сигнал левого канала), красного (звуковой сигнал правого канала) и жёлтого (видеосигнал). В профессиональной аппаратуре вместо **RCA** используются **BNC**-разъемы, называемые «байонетными». Данный интерфейс в современной профессиональной аппаратуре и монтажных системах применяется для подключения недорогих видеомониторов (телевизоров) или при оцифровке видеоматериалов бытовых форматов.

Интерфейс **S-Video (Y/C)**

В «раздельном» интерфейсе **S-Video (Separate Video)** сигналы яркости (вместе с ним передается сигнал синхронизации) и цветности передаются по двум кабелям с применением различных разъемов: четырех контактный **MiniDIN**, два **RCA** или два **BNC** (рис. 15). Строго говоря, разъемом **S-Video** называется разъем четырехконтактный **Mini DIN4** но вообще имеются разъемы **Mini DIN** до 9 контактов. В дополнение к сигналам **Y/C**

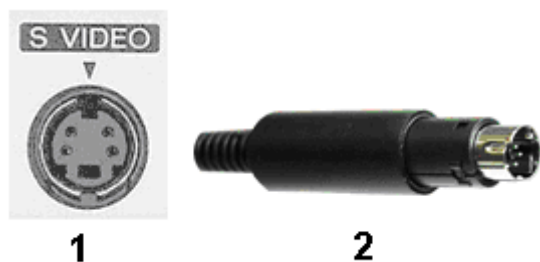


Рис. 15. Разъемы **S-Video (Mini DIN 4)** – 1, 7-контактного разъема **MiniDIN 7** (2).

по этому интерфейсу может передаваться сигнал идентификации формата изображения. Постоянное напряжение +2,3 В на шине **C** соответствует формату 4:3, а напряжение +5 В свидетельствуют о формате 16:9.

Компонентный интерфейс

Под общим обозначением **COMPONENT** могут быть следующие интерфейсы: **Y/ R-Y/ B-Y**; **YUV**; **Y/ Pr/ Pb**; **Y/ Cr / Cb**. Для соединений «по компоненте» используются три отдельных коаксиальных кабеля с разъемами типа **RCA** или **BNC**. Строго говоря, это четыре различных интерфейса, различающихся параметрами и форматом сигналов яркости и цветоразностных, в сигналы могут входить или не входить сигналы синхронизации, сами сигналы яркости и цветности могут иметь неодинаковые размахи по напряжению. У разных производителей одни и те же обозначения компонентных сигналов могут отличаться по значениям электрических параметров. Часто на входах/выходах различной аппаратуры встречается комбинация **Y-Cb/Pb-Cr/Pr**. Она может означать (но не всегда!), что есть два режима работы: с чересстрочной разверткой **Y-Cb-Cr** и с прогресс-

сивной **Y-Pb-Pr**. В то же время комбинация **Y-Cb-Cr** может использоваться и для обозначения компонентных сигналов в цифровом представлении в виде отсчетов квантования. Сигналы синхронизации передаются вместе с сигналом яркости.

Интерфейс RGB

В зависимости от структуры передаваемых сигналов применяются три типа интерфейса: просто **RGB** - по трем кабелям передаются сигналы основных цветов, а сигналы синхронизации в виде так называемой синхросмеси совмещаются с сигналом зеленого **G**; **RGBS** – четыре кабеля – три для сигналов **R,G,B** и один для синхросмеси; **RGBHV** – пять кабелей - три для сигналов **R,G,B**, а кадровые и строчные синхроимпульсы передаются по отдельным двум кабелям. В качестве разъемов используются **BNC** или в некоторых случаях **SCART**. Сигналы **R,G,B** могут также передаваться и через разъемы типа **D-Sub** (рис. 17), семи- или девятиконтактные **MiniDIN**.

Интерфейс SCART

Широкое распространение в бытовой и полупрофессиональной аппаратуре получил многоконтактный «евроразъем» **SCART** (рис.16) благодаря

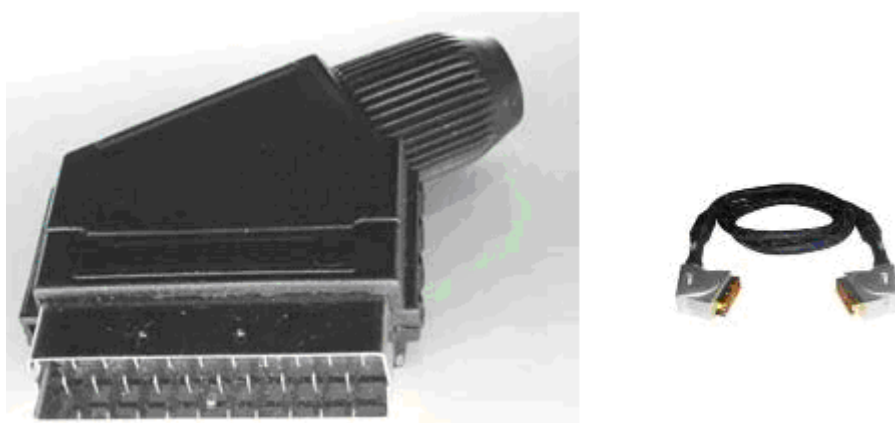


Рис. 16. Разъем **SCART**.

своей универсальности. Универсальность интерфейса достигнута простым объединением многих кабелей в один жгут в общем экране с 21-

контактными разъемами. Для уменьшения взаимного влияния каналов каждый кабель имеет отдельный заземляющий проводник. Несмотря на то, что массивные разъемы изготовлены из пластмассы, интерфейс имеет неплохие качественные характеристики. Частотный диапазон звуковых каналов составляет 20 – 20000 Гц, полоса видеоканала до 8 МГц, по **RGB** каналу могут передаваться сигналы с частотами до 10 МГц. В результате по этому интерфейсу передаются не только звуковые и видеосигналы различных форматов, но и импульсные сигналы управления режимами работы видеоустройств. В зависимости от комбинации передаваемых сигналов стандартом **МЭК933-1** предусмотрено четыре типа интерфейсов **SCART**: **A** – без видеосигналов и **RGB**, **C** – без сигналов **RGB**, **V**- без звуковых сигналов, **U** – универсальный на все соединения. В качестве видеосигналов могут быть композитный или **S-Video**. У различных производителей кроме указанных могут быть и другие варианты набора сигналов, о чем указывается в документации на конкретный кабель и это обстоятельство нужно учитывать при выборе кабеля. Нужно отметить, что через **SCART** могут передаваться два вида сигналов основных цветов: трехпроводный **RGB** (сигнал синхронизации передается вместе с зеленым), четырехпроводный **RGBS**. Сигналы **RGBVH** по этому интерфейсу не передаются, поскольку в аппаратуре работающей с такими сигналами используются другие разъемы – **BNC** или **VGA**. В спецификацию **SCART** возможность передачи компонентных сигналов не предусмотрена.

Интерфейс D-SUB /VGA

Интерфейс **D-Sub HD15** (чаще его называют **D-Sub** или **VGA**) используется для передачи аналоговых сигналов **R**, **G**, **B** и синхронизации на видеомонитор (рис. 17). Чаще всего все электронно-лучевые мониторы



Рис. 17. Разъем **D-Sub HD15**.

имеют 15-контактный разъем **D-Sub**, а жидко-кристаллические подключаются через цифровой разъем **DVI-I**. К цифровому выходу **DVI-I** можно подключить монитор с разъемом **D-Sub** через специальный переходник.

8.2 Цифровые интерфейсы

Интерфейс SDI

Параметры однонаправленного последовательного интерфейса **SDI** (**Serial Digital Interface**) определены в стандарте **SMPTE 259M**. Он позволяет формировать и передавать не компрессированные данные по коаксиальному кабелю с разъемами **BNC**. Структура передаваемых данных включает четыре стандарта оцифровки компонентного видеосигнала с 10-битовым кодированием: 4:2:2/4:3/13,5 МГц; 4:4:4/4:3/13,5 МГц; 4:2:2/16:9/18 МГц; 4:4:4/16:9/18 МГц. Скорость цифрового потока для этих стандартов соответственно равна 270 Мбит/с, 405 Мбит/с, 360 Мбит/с и 540 Мбит/с. Максимальная длина кабеля зависит от его свойств и параметров приемника, поскольку по мере увеличения длины кабеля происходит заметное уменьшение размаха импульсов и повышается нестабильность временных параметров импульсов (джиттер). В случае высококачественного кабеля дальность передачи составляет до 350 м на скорости 270 Мбит/с и до 200 м на скорости 540 Мбит/с.

Интерфейс SDTI

Широкое распространение аппаратуры видеозаписи со сжатием (**DVCAM**, **DVCPRO**, **DIGITAL-S** и др.) привело к необходимости передачи компрессированных видеоданных между различными устройствами.

Поэтому был специально принят стандарт **SMPTE 305M**, ставший основой интерфейса **SDTI**, обеспечивающего передачу не сжатых данных с четырехкратной скоростью, восемь звуковых каналов, временной код и другие данные.

Скоростные параметры интерфейса **SDTI** аналогичны **SDI**. В нем также применяются разъемы **BNC**.

Интерфейс IEEE 1394

Двухнаправленный последовательный интерфейс **IEEE 1394** (известный также как **FireWire** и **i-Link**) предназначен для работы с сигналами **DV** и рекомендован для применения в цифровом телевидении, в мультимедийных комплексах, в компьютерных системах. В конструкции соединительного кабеля **IEEE 1394** приняты многие меры для уменьшения затухания сигнала и повышения помехоустойчивости. Кабель содержит две витые пары для передачи сигналов в одну и другую стороны, два провода подачи напряжения питания на приемное устройство. Провода питания обеспечивают напряжение 8-40 В и ток до 1,5 А. По витым парам передаются парафазные сигналы, что заметно повышает помехозащищенность. Стандартные разъемы интерфейса шестиконтактные, однако широко распространены и четырехконтактные (рис. 18). Длина кабеля не более 4,5 м.

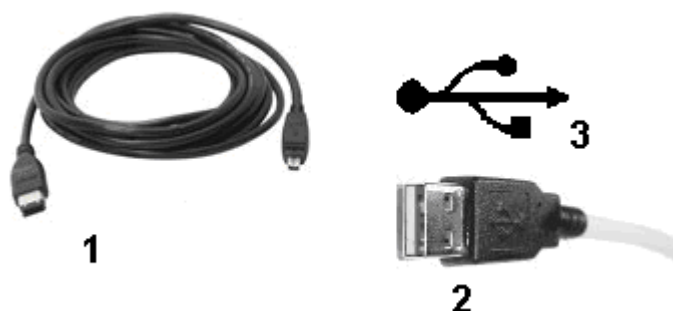


Рис. 18. Разъемы **IEEE-1394** (1); **USB** (2) и его знак (3).

Широкому распространению **IEEE-1394** способствуют многие его особенности. Это в частности высокая скорость передачи данных (100,

200, или 400 Мб/с для **IEEE 1394a**; 800 Мб/с для **IEEE 1394b**, в перспективе 1,6 и 3,2 Гб/с); поддержка «горячего» (**Fire**) (то есть без отключения питания и/или перезагрузки операционной системы) периферийного оборудования, с автоматическим распознаванием присоединения и отсоединения аппаратуры и возможности делать это при работающем компьютере, т.е. даже тогда, когда шина работает в полном режиме; возможность питания подключаемых устройств от блока питания отправителя через кабель **IEEE-1394**; поддержка асинхронной и изохронной передачи данных. В отличие от других интерфейсов **IEEE-1394** дает возможность строить локальные сети из многих устройств и самой различной конфигурации. Это означает, что оборудование с интерфейсом **IEEE-1394** можно соединять не только с компьютером, но и друг с другом, причем конфигурирование сети выполняется автоматически.

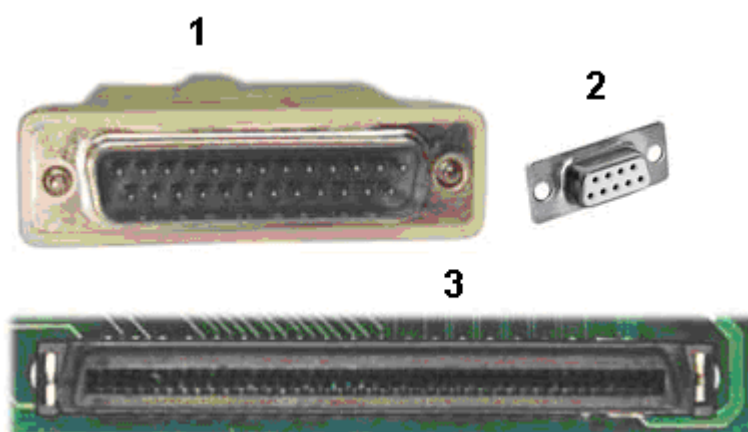
Интерфейс USB

Интерфейс **USB (Universal Serial Bus)** был создан раньше, чем появился **IEEE 1394** и он также широко используется, прежде всего, для работы с накопителями данных и другой периферией вроде принтеров и сканеров. Все современные компьютеры оснащены портами **USB 2.0**.

USB 2.0 как и **USB 1.1** использует 4-контактные разъемы (рис. 19), полностью совместимые между собой. Единственное отличие в подключении **USB 2.0** и **USB 1.1** заключается в том, что новый стандарт требует экранированных кабелей. Теоретическая скорость по **USB 2.0** составляет 480 Мб/с, максимальная передаваемая мощность на питание внешних устройств - 2,5 Вт. Общение устройств с интерфейсом **USB 2.0** происходит по схеме **Master/Slave**, т. е. все потоки данных управляются компьютером, что замедляет работу интерфейса. Длина кабеля для соединения двух устройств по **USB 2.0** не должна превышать 5 м. Интерфейс **USB** не обеспечивает горячее подключение.

Системный интерфейс SCSI

Интерфейс **SCSI** предназначен для подключения к компьютеру периферийных устройств, в том числе накопителей на жестких дисках. Это один из основных типов интерфейсов, обеспечивающий одновременную работу различных групп периферийного оборудования без сокращения производительности системы в целом. Разъем **SCSI** интерфейса показан на



.Рис. 19. Разъемы SCSI: 1 - **DB-25**; 2 - **DB-9**; 3 - **High density 80 pin**.

рис. 19. Для подключения устройств **SCSI** могут применяться 3 типа разъемов: **D-типа (DB-9 и DB-25)**, **Centronics** и **IDC**. Разъемы **D-типа** применяются в компьютерной технике для подключения **COM-портов** и принтеров, которые могут иметь разъем **Centronics**. Разъемы **IDC** применяются для подключения **IDE-дисков** и **CD-ROM**. В **RAID** накопителях для подключения сигнальных линий и питания применяется разъем **High density 80 pin**.

8.3 Интерфейсы ТВЧ

В комплексах аппаратуры ТВЧ применяются интерфейсы **HD-SDI**, **HD-SDTI** на скорость 1,485 Гбит/с, **DVI**, **HDMI** на скорость до 5 Гбит/с.

В интерфейсах **HD-SDI**, **HD-SDTI** сигнал передается по одножильному кабелю с разъемами **BNC**. **HD-SDI** соответствует стандарту **SMPTE 292M**. Интерфейсы **SDI** и **HD-SDI** имеют одинаковые разъемы и электри-

ческие параметры. Для передачи сигнала ТВЧ предъявляются весьма жесткие требования к качеству кабелей, разъемов, распайке. Расстояние, на которое сигнал может передаваться по кабелю, определяется условием, чтобы затухание на частоте 750 МГц не превышало 20 дБ. Это расстояние составляет 50-70 м, а на большие расстояние нужно использовать оптические кабели.

Интерфейсы DVI и HDMI

Жидкокристаллические мониторы, плазменные панели и проекционные телевизоры, предназначенные для работы в среде ТВЧ, оборудованы одним из двух или обоими специализированными интерфейсами **DVI** и **HDMI** (рис. 20).



Рис. 20. Разъемы **DVI** (1) и **HDMI** (2).

Цифровой интерфейс высокого разрешения **DVI (Digital Video Interface)** с высокой скоростью передачи данных (до 1,65 Гбит/с) позволяет передавать видеосигнал без сжатия в любом из ТВЧ-форматов и стереозвук. В рамках **DVI** предусмотрено три модификации: **DVI-D** только для цифровых сигналов; **DVI-A** — только для аналоговых сигналов **R,G,B**; **DVI-I (Integrated)** — для цифровых и аналоговых сигналов. С помощью интерфейса **DVI** монитор или телевизор можно подключать к компьютеру для использования в качестве компьютерного монитора. Физически кабель **DVI** состоит из соответствующего числу передаваемых сигналов количества витых пар. Длина кабеля не должна превышать 5 м.

Развитием интерфейса **DVI** является мультимедийный интерфейс высокой четкости **HDMI (High Definition Multimedia Interface)**. Он обеспечи-

вает передачу данных со скоростью до 5 Гбит/с и многоканальный звук **Dolby Digital** или **DTS** по единому многожильному кабелю. В отличие от **DVI** этот интерфейс поддерживает систему защиты данных от несанкционированного копирования **HDCP (High-bandwidth Digital Content Protection)**.

8.4 Интерфейсы управления.

В монтажных системах находят применение следующие наиболее распространенные интерфейсы управления: **RS-232C**, **RS422A**, **RS-485**, **LANC** и **SIRCS Control-L (LANC)**, **DV-интерфейс (i.Link)**. Интерфейс **RS-232-C (RS - Recommended Standard, C - версия)** обеспечивает несимметричную передачу данных по двум линиям в режиме последовательного обмена со скоростями до 20 кбит/с. Сигналы этого интерфейса передаются перепадами напряжения величиной (3...15) В по несимметричной или небалансной (**unbalanced**) линии, поэтому длина линии связи **RS-232C**, как правило, ограничена расстоянием до 15 м из-за низкой помехоустойчивости. Число подключаемых приемников и передатчиков к одной линии - 1/1, (в отличие от интерфейсов **RS422A** - 1 передатчик/ 10 приемников или **RS485** - 32/32). Низкие скорость и дальность этого интерфейса ограничены в первую очередь его несимметричностью.

Интерфейс **RS-232C** принципиально не позволяет создавать сети, так как соединяет только два устройства (так называемое соединение “точка - точка”). Для соединений **RS-232C** используется два типа разъемов: 9-ти штырьковый **DB-9** и 25-ти штырьковый **DB-25** (рис. 21).



Рис. 21. Разъемы DB-9 и DB-25.

В дуплексном (или полнодуплексном) интерфейсе **RS-422A** передача и прием данных идет по двум отдельным витым парам. На каждой витой паре проводов может быть только по одному передатчику и до 10 приемников. Предельное расстояние передачи данных зависит от скорости цифрового потока. Для скорости 100 кбит/с это расстояние составляет 1200 м, а для 10 Мбит/с соответственно 15м.

Интерфейс **RS-485** имеет много общего с **RS-422A**, в нем также используется витая пара. В **RS-422A** есть две витые пары – одна для передачи и одна для приема. Изначально **RS-485** - полудуплексный интерфейс. Однако в **RS-485** благодаря тому, что передатчик может переводиться в отключаемое состояние, полудуплексный режим реализуется на одной витой паре. Стандарт **RS-485** предусматривает модификацию с двумя витыми парами, так что получается полный дуплекс. По скорости и дальности **RS-485** и **RS-422A** эквивалентны, в них используются разъемы **DB-25**.

Двунаправленные интерфейсы **LANC (Local Application Control)**, **SIRCS (Sony Integrated Remote Control System)**, иначе называемые **Control-L**, **Control-S** и **Control-M** соответственно, применяются для дистанционного управления видеокамерами и видеомагнитофонами. **LANC** и **SIRCS** используются в аппаратуре **Sony**, а **Control-M** в аппаратуре **Pana-**

sonic. В аппаратуре фирмы **JVC** применяется интерфейс **JLIP (Joint Level Interface Protocol)** как для передачи оцифрованных данных, так и для управления видеокамерой и видеомэгнитофоном в процессе редактирования (контролируются показания счетчика ленты, доступны функции **Play, Stop, Pause, FF, REW, REC**, обеспечивается синхронизация работы).

DV-интерфейс (i.Link) также используется как для ввода/вывода оцифрованного видео/аудио, так и для управления камерой с других **DV-устройств** в монтажной системе.

8.4.1 Преобразование интерфейсов

При создании монтажных систем часто встречаются ситуации, когда имеющиеся в аппаратуре интерфейсы разного типа и вследствие чего непосредственное подключение одного устройства к другому невозможно. Для таких случаев выпускается большое разнообразие преобразователей одного интерфейса в другой, позволяющих создать любую систему.

Вопросы для самопроверки

1. Привести классификацию видеоинтерфейсов.
2. Провести сравнение интерфейсов **IEEE 1394** и **USB 2.0**.
3. Для каких задач предпочтительнее применять интерфейсы **RS-232C** и **RS-422A**.

9 Импорт и экспорт видеофайлов

9.1 Захват сигналов внешних источников

Видеозахватом или оцифровкой называется процесс передачи и обработки сигналов с внешних источников (видеокамера, видеомэгнитофон, проигрыватель **DVD** и др.) в компьютер. В программе **Adobe Premiere Pro 2.0** захват можно осуществить двумя способами: без аппаратного контроля — управлять воспроизведением с внешнего устройства вручную непосредственно на этом устройстве; с аппаратным контролем — управлять внешним устройством средствами программы. В первом случае внешний

источник включается в режим воспроизведения, а в программе в нужный момент включается режим оцифровки. При правильном соединении компьютера с источником в диалоговом окне **Capture** появляется изображение источника. Управляя режимами перемотки и воспроизведения внешнего источника находим нужный фрагмент и останавливаем за несколько секунд до начала требуемого фрагмента. Затем нажимаем кнопку **Record** на панели управления окна **Capture** и режим воспроизведения на внешнем устройстве. В конце записываемого фрагмента останавливаем процесс оцифровки кнопкой **Stop** в окне **Capture** или клавишей <Esc> на клавиатуре.

Во втором случае управление режимами работы внешних источников и захват осуществляются командами компьютера. В программе **Adobe Premiere Pro 2.0** захват осуществляется командой **File>Capture**. Все инструменты и параметры для управления оцифровкой расположены в окне **Capture**. Кнопкой **Play** запускается внешнее устройство в режим воспроизведения, а кнопкой **Record** запускается процесс захвата и запись фрагмента в компьютерный файл.

9.2 Экспорт видеофайла

Экспорт видеофайла означает сохранение его в соответствующем медиафайле, записи на внешнее устройство. В **Adobe Premiere Pro 2.0** имеются возможности экспортировать программу в файлы следующих типов:

- **Movie** – форматы **AVI, DV AVI, MPEG, RealMedia, Animated GIF, QuickTime (MOV), Windows Media**;
- графические файлы – **GIF, Targa, TIFF, Windows Bitmap (BMP)**;
- звуковые файлы - **AVI, DV AVI, MPEG, RealMedia, QuickTime (MOV), WAV (Windows Audio Waveform)**;
- файлы статической графики - **Targa, TIFF, Windows Bitmap (BMP), Filmstrip, FLC/FLI**.

Экспорт видеофайла на внешнее устройство означает запись видеосигнала на видеомэгнитофон, рекордер **DVD**, просмотр на видеомониторе или телевизоре. Внешние устройства могут быть аналоговыми или цифровыми, поэтому необходимо предварительно обеспечить соединение аппаратуры соответствующими интерфейсами. Экспорт в основные аналоговые и цифровые форматы включает такие как **SD** и **HD**, **NTSC** и **PAL**, **Interlaced** и **Progressive**, **DV**, **Digital Betacam**, **HDV**, **HDCAM**, **DVCPRO HD** и **D5 HD** (для некоторых форматов, возможно, потребуется дополнительное специальное оборудование).

Для правильной работы внешних устройств нужно установить соответствующие параметры видеосигнала, подаваемого на внешнее устройство. Для этого выбираем команду **Project>Project settings>General**, в списке **Editing Mode** выбираем тип внешнего устройства (например, **DV**). В диалоговом окне **Playback Settings** устанавливаются параметры воспроизведения на внешнем устройстве. Параметры задаются в установках проекта, поэтому перед экспортом их нужно проверить. Чтобы видеосигнал и звуковой сигнал передавались с компьютера на внешнее устройство нужно установить флажок на функцию **Desktop Video** и активизировать переключатель **External Device Audio**.

При экспорте файла на внешнее устройство параметры видео- и звукового сигналов, поступающих с компьютера на внешние устройства, устанавливаются в установках проекта, тогда как при экспорте в файл параметры задаются в установках экспорта. Почему так? Установки проекта — это установки на интерфейсной плате для захвата. При экспорте на внешнее устройство также задействована плата, поэтому требуются ее установки. Для экспорта в файл требуются внутренние программные установки.

Производя экспорт необходимо учитывать то, что в разных стандартах могут различаться параметры отдельного пиксела. Список **Aspect Ra-**

tio Conversion предназначен для установки пропорций пиксела в соответствии со стандартом внешнего устройства.

Экспорт (также как и захват) на внешние устройства может осуществляться в активном (т.е. с управлением с программы) и пассивном режимах. Для экспорта в активном режиме выбираем команду **File>Export>Export to Tape** и в открывшемся окне активировать внешнее устройство кнопкой **Activate Recording Device**. Дальше кнопками управления внешним устройством из программы производится запись.

Если невозможно управлять внешним устройством из программы, запускается режим просмотра фильма на внешнем мониторе и в нужный момент включается режим записи внешнего устройства.

Литература

1. Кирьянов Д.В., Кирьянова Е.Н. Самоучитель **Adobe Premiere Pro 2.0**. СПб, 2007.
2. Олефиренко П.П. Телевидение высокой четкости. Новые возможности. Учебное пособие. М., ИПК, 2007.
3. Луганский А. Интерфейсы. 625, №9, 2007.
4. Хаимов В.З. Современные последовательные интерфейсы IEEE 1394 и SDI/SDTI. Broadcasting №6, 2002.
5. Хаимов В.З. Современные последовательные интерфейсы управления. Broadcasting №3, 2003.