

ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ, БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ТЕЛЕВИЗИОННО-КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ МИКРОСКОПИИ, СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ, РОБОТОТЕХНИКИ И МЕДИЦИНЫ.

В.В. Багров, А.Е. Рычажников

В настоящее время в различных системах управления и анализа, работа которых связана с обработкой растрового изображения все большее распространение находят видеокамеры с цифровым выходом на основе стандартных компьютерных интерфейсов. Это обусловлено удобством как аппаратной, так и программной интеграции таких устройств в более сложные системы. И передача потоков данных, и управление режимом работы камеры осуществляется по одному и тому же каналу. Удаление узла аналого-цифрового преобразования от системного блока компьютера также повышает и качественные характеристики формируемого изображения, за счет улучшения помехозащищенности.

В приложениях требующих высокой чувствительности и высокого быстродействия, например, таких как, медицинское и лабораторное оборудование, управление транспортными и промышленными роботами, оборонная индустрия, требуется передача несжатого, «живого» видео.

Самыми распространенными периферийными компьютерными интерфейсами, способными выполнить такую задачу являются последовательные шины USB и IEEE-1394 (FireWire, iLink). Высокая скорость передачи (до 800 Мбит/с), последовательная передача данных, наличие электрического питания, возможность «горячего» подключения и отключения устройств, полная поддержка ведущими мировыми разработчиками программного обеспечения, компьютерного оборудования и микроэлектроники – основные преимущества этих интерфейсов перед другими решениями. Выбор видеокамеры с одним из этих интерфейсов обусловлен конкретными требованиями разрабатываемой системы.

Шина USB обладает таким важным достоинством как распространенность. На любом компьютере имеется порт USB и разработчику не требуется установка дополнительных адаптеров для работы, тем самым обеспечивается мобильность такой USB-камеры между системами. Шина IEEE-1394 является оптимальным средством передачи видеопотоков, требует для обеспечения своей работы меньше ресурсов компьютерной системы. Однако, не все компьютеры по умолчанию имеют порт IEEE-1394, поэтому для работы с 1394-камерой приходится использовать дополнительные адаптеры (например, PCI), что иногда бывает неприемлемо.

Абсолютное большинство современных видеокамер используют для фотоэлектрического преобразования твердотельные приборы с зарядовой связью (ПЗС) или же КМОП-преобразователи. Это связано с их компактностью, надежностью, хорошими рабочими и эксплуатационными характеристиками. В основе этих двух направлений лежат два различных принципа организации накопления и считывания потоков фотоэлектронов с элементарных ячеек. Поэтому, камеры, построенные на ПЗС и на КМОП датчиках, отличаются по своим характеристикам.

Технология ПЗС предусматривает наличие секции накопления и секции памяти, закрытой от потока фотонов. Сначала кадр копится заданное время в секции накопления, а после считывается в секцию памяти, из которой последовательно осуществляется перенос накопленных зарядовых пакетов к схемам обработки и формирования сигнала. ПЗС отличает принцип последовательного считывания зарядовых пакетов, эффективное использование площади фоточувствительной поверхности, применение одного высококачественного малозумящего устройства считывания сигнала. Это позволяет добиться очень высокой пороговой чувствительности камеры. Преобразователь на основе ПЗС требует широкого диапазона управляющих потенциалов, поэтому ПЗС-камеры требовательны к напряжению питания (как правило, +12 В) и, соответственно, потребляемой мощности (до 6 Вт). Поэтому шина IEEE-1394 более часто используется производителями ПЗС-камер, так как при напряжении питания в шине 12 В, может обеспечить до 20 Вт потребляемой мощности. Для видеокамер, созданных на основе ПЗС, свойственна высокая чувствительность, высокое отношение сигнал/шум, малое количество дефектных пикселей, чрезвычайно низкий уровень темнового тока. Безусловным лидером в области разработки матричных ПЗС общего применения является фирма SONY, которая производит широкий диапазон преобразователей, позволяющих решать практически весь спектр прикладных задач.

КМОП-сенсор содержит секцию накопления, состоящую из набора элементарных ячеек на базе фотодиода, схему управления считыванием, канал обработки сигнала, аналого-цифровой преобразователь, интерфейс управления режимами работы. КМОП-сенсор может работать как в режиме одновременного накопления всех ячеек, так и в режиме последовательного сканирования изображения. Технология построения КМОП-сенсора позволяет считывать с повышенной кадровой частотой определенную зону фоточувствительной поверхности, изменять зону считывания и его направление всего лишь использованием программных средств. Принцип произвольной X-Y адресации при считывании зарядовых пакетов, в сочетании с возможностью коррекции выбитых пикселей, позволяет производителям КМОП-сенсоров значительно увеличивать количество активных пикселей и общую площадь фоточувствительной поверхности. Датчик КМОП работает от напряжений питания до 5В, при этом, потребляя ток не более 100 мА, поэтому большинство КМОП-камер имеют выходной цифровой интерфейс USB, который при напряжении в шине питания +5В способен обеспечить до 500 мА потребления тока. Видеокамерам с датчиком КМОП характерно низкое энергопотребление, высокая кадровая скорость, высокая разрешающая способность, небольшие габаритные размеры, а также, существенно более низкая стоимость по сравнению с ПЗС. К недостаткам КМОП-сенсоров следует отнести меньшую по сравнению с технологией ПЗС чувствительность, а также наличие незначительного геометрического шума. На рынке производителей КМОП-сенсоров не существует на текущее время ярко выраженного технологического лидера. Из большого количества производителей можно выделить фирму OmniVision, которая одна из первых начала разработку технологий сенсоров КМОП и успешно продвигает свои решения на рынке.

При разработке линейки камер на основе матриц ПЗС и КМОП был использован единый подход, основанный на создании взаимозаменяемых модулей формирования растрового изображения и модулей передачи цифрового потока (USB, 1394) и управления камерой. Модули управления также несут в себе возможность управления по используемому камерой цифровому каналу другими блоками системы, а также синхронизацией работы с ними. Данный метод уменьшает время производства и адаптации видеокамеры для ее использования в конкретной телевизионно-компьютерной системе со своими специфическими требованиями. Универсальное программное обеспечение дает возможность просто и быстро включать работу с камерой в программные проекты, требующие работы с изображением.

Описанная методика модульного построения видеокамер была реализована для построения офтальмологической видеосистемы на основе цветного КМОП-сенсора. В системе было реализовано высокое разрешение 2048x1536 пикселей, внешняя синхронизация момента считывания, программное управление основными характеристиками камеры – временем накопления, усилением, балансом белого, уровнем черного в видеосигнале и т.п. В качестве интерфейсного решения была выбрана шина USB 2.0, что обеспечило системе быстроедействие до 11 кадров в секунду.

Для построения высококачественных систем дактилоскопии пули на основе тех же принципов были созданы многокамерные видеосистемы на основе матричных ПЗС. Для их реализации был выбран интерфейс 1394a, оптимальный для данного применения. В данной системе также осуществлялось управление усилением и временем накопления, мультиплексия видеосигналов, реализация управления внешними устройствами. Передача и обработка видеосигналов в данной системе осуществляется в реальном времени.

Видеосистема высокого разрешения (1280x1024) на основе матричного ПЗС с прогрессивным сканированием, высокой чувствительностью и интерфейсом 1394a была использована для анализа протекания процессов в микроскопной системе для биомедицинских лабораторий. В системе была использована синхронизация времени накопления и считывания по команде оператора микроскопа. Программное обеспечение данной видеосистемы позволяет фиксировать различные временные изменения исследуемых объектов, производить автоматические операции архивации изображений.

Таким образом, апробация предложенных методик построения быстродействующих телевизионно-компьютерных систем реального времени показала их высокую эффективность и способность решать целый ряд прикладных задач.