

## ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ

УДК 681.142.621

В. А. БЕЛОМЕСТНЫХ, А. Н. КАСПЕРОВИЧ, Ю. А. ПОПОВ,  
В. Г. СУТЯГИН, Ю. В. ШАЛАГИНОВ, В. П. ЮНОШЕВ  
(Новосибирск)

### ЦИФРОВАЯ ТЕЛЕВИЗИОННАЯ ВИДЕОСИСТЕМА

Системы для оперативной регистрации, обработки и отображения информации, представленной в виде изображений, обеспечивают решение широкого класса задач, связанных с изучением динамики реальных сцен (выделение движущихся объектов, обнаружение изменений в геометрии и текстуре изображений и т. п.).

В данной статье приведено описание разработанной в Институте автоматизации и электрометрии СО АН СССР специализированной цифровой видеосистемы реального времени. Близким по функциональным характеристикам зарубежным аналогом системы является SYSTEM-100 фирмы I<sup>2</sup>S.

Структура разработанной видеосистемы\* представлена на рис. 1. Система содержит приемопередающую телевизионную камеру, быстродействующий аналого-цифровой преобразователь (АЦП), процессор поточечной обработки (ППО) с блоком нелинейного преобразования интенсивности (НПИ), цифровое запоминающее устройство (ЗУ), цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), телевизионный монитор. Кроме того,

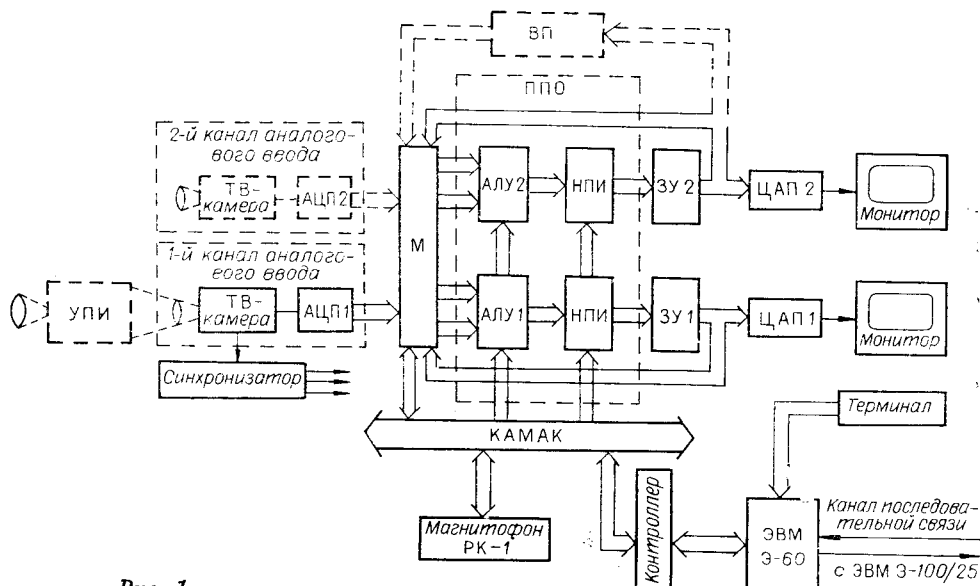


Рис. 1.

\* В процессе разработки были изготовлены и налажены макет системы в конструктиве DEC и опытный образец системы в конструктиве КАМАК.

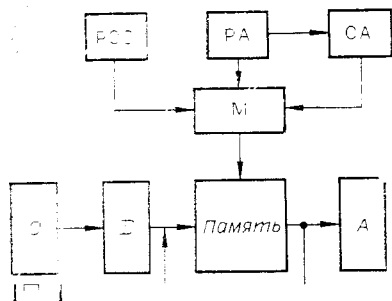


Рис. 2.

устройство, формирующее электрический видеосигнал со стандартными телевизионными параметрами: телевизионная передающая камера, приемник телевизионного изображения, видеомагнитофон и др. Возможно использование в качестве датчика изображения специальной телевизионной камеры с цифровой программно управляемой разверткой луча.

Система может сочленяться со специализированными устройствами формирования и интегрального преобразования изображений (УПИ) (оптический коррелятор, телескоп, микроскоп и т. п.).

Аналого-цифровой преобразователь, работающий в телевизионном стандарте, обеспечивает преобразование сигналов в полосе частот от 0 до 6 МГц с частотой дискретизации 10 МГц. Восемьразрядный АЦП действует по методу амплитудной свертки сигнала и имеет на входе устройство выборки и хранения (УВХ) [2].

Основной узел видеосистемы — запоминающее устройство, предназначенное для хранения и визуализации вводимых через АЦП изображений, а также для обеспечения непрерывного наблюдения обрабатываемых изображений на телевизионном мониторе. В ЗУ может храниться несколько кадров изображения реальных сцен, получаемых со скоростью, соответствующей телевизионному стандарту (40 мс/кадр); размер кадра  $512 \times 512$  точек; интенсивность в каждой точке представлена 8-разрядными словами.

Цифровое запоминающее устройство конструктивно выполнено в виде модуля управления ЗУ и 8 модулей памяти (каждый модуль соответствует определенному разряду кода интенсивности).

Основными узлами модуля управления (рис. 2) являются регистр-счетчик адреса (РА), сумматор адреса (СА), регистры-счетчики столбцов и строк (РСС), через которые осуществляется адресация при обмене данными с ЭВМ, и мультиплексор (М). Модуль управления соединяется с модулями ЗУ через специализированную магистраль системы.

Каждый модуль ЗУ (см. рис. 2) включает 16 микросхем памяти 565РУЗА; четыре 16-разрядных регистра (А, В, С и D); входной цифровой коммутатор данных (К1), управляемый дешифратором адреса (ДА); выходной коммутатор данных (К2); входной и выходной одноразрядные регистры данных (Р1, Р2).

Работа ЗУ организована следующим образом. Цикл работы ЗУ (1,6 мкс) разбивается на три фазы: чтение по ТВ-каналу, запись по ТВ-каналу и запись/чтение от ЭВМ. Запись по ТВ-каналу осуществляется по адресу с выхода сумматора СА, значение которого всегда на 1 меньше содержимого регистра-счетчика адреса. Это позволяет снизить требования к быстродействию процессора поточечных операций.

в состав видеосистемы входят цифровой мультиплексор (М), реализующий необходимые связи между узлами системы; аппаратура, обеспечивающая последовательную связь с центральной ЭВМ, а также процессор векторных операций (ВП). Управление системой при вводе, хранении, обработке данных и визуализации результатов осуществляется с помощью микро-ЭВМ цессе обработки.

Датчиком изображения для видеосистемы может являться любое

Скорость работы микросхем ЗУ согласуется с темпом поступления данных путем записи/чтения в ЗУ сегмента данных. При этом в режиме записи входные данные, поступающие с частотой 10 МГц, записываются в сдвиговый регистр *C*. После поступления 16 байт (о 16 точках изображения) данные из регистра *C* переписываются в регистр *D* и начинается цикл записи данных в память по адресу, хранящемуся в РА (в это время новые данные накапливаются в регистре *C*).

В режиме чтения данные из памяти (по адресу, хранящемуся в РА) параллельно переписываются в сдвиговый регистр *A*. Затем данные сдвигаются с частотой 10 МГц и попадают на шины выходных данных. Одновременно осуществляется новый цикл чтения из памяти, и после окончания процедуры сдвига новые данные записываются в регистр *A*.

Сложнее (из-за необходимости обеспечить доступ ЭВМ к произвольной ячейке памяти) обстоит дело при обмене данными с ЭВМ. Рассмотрим сначала процедуру чтения. В каждом цикле обмена с ЭВМ данные из ЗУ по адресу, хранящемуся в РСС, записываются в регистр *B*. Затем через выходной коммутатор данных  $K_2$ , управляемый младшими разрядами адреса сегмента изображения, адресуемый бит данных запоминается в  $P_2$  и по команде  $A(0)F(0)$  поступает на соответствующую шину *R* магистрали КАМАК.

При записи по команде  $A(0)F16$  в  $P_1$  заносится бит данных слова ЭВМ, затем выполняется очередной цикл чтения по адресу ЭВМ. Данные из памяти и входного регистра  $P_1$  через коммутатор  $K_1$  таким образом записываются в регистр *B*, что в нем заменяется только один адресуемый бит. В нужный момент времени данные из регистра *B* заносятся в память. Регенерация памяти осуществляется автоматически, поскольку счетчик адреса ТВ-канала работает непрерывно (в том числе и во время обратного хода луча).

Арифметическое логическое устройство (АЛУ) проводит поточечную обработку изображений в реальном времени, его выход непосредственно связан с входами данных соответствующего ему блока памяти видеосистемы, а его информационные входы подключены к мультиплексору видеосистемы. При поточечной обработке изображений в видеосистеме могут быть реализованы все операции, выполняемые этими микросхемами. Для накопления изображений предусмотрена возможность увеличения длины обрабатываемого и хранимого в ЗУ слова до 2 байт путем соединения шин переноса АЛУ разных кадров.

Устройство нелинейного преобразования интенсивности представляет собой быстродействующую память емкостью 256 8-разрядных слов на микросхемах 455РУ5. В режиме программирования функции нелинейного преобразования адресные и информационные входы ОЗУ НПИ подключаются к ЭВМ «Электроника-60». В рабочем режиме в качестве кодов адреса выступают коды значений интенсивности точек обрабатываемого изображения, подключаемые к адресному входу ОЗУ через коммутатор НПИ. Конструктивно АЛУ и НПИ размещены в одном модуле.

Цифроаналоговый преобразователь служит для получения видеосигнала с целью визуализации изображения, содержащегося в памяти видеосистемы, или для восстановления видеосигнала, поступающего с выхода АЦП.

Цифровой мультиплексор может подключать любой вход арифметических логических устройств процессора поточечной обработки ко всем выходам имеющихся в системе источников информации. Мультиплексор управляется программно от ЭВМ «Электроника-60» и осуществляет оперативную перестройку функциональной схемы системы в соответствии с решаемой задачей обработки изображения. Мультиплексор имеет 6 байтовых входов и 8 байтовых выходов.

Синхронизация работы системы обеспечивается синхронизатором, выделяющим из телевизионного сигнала сигналы, управляющие работой системы (кадровый импульс, потенциалы четного и нечетного полукадров, строчные синхронимпульсы). В этом модуле также располагаются

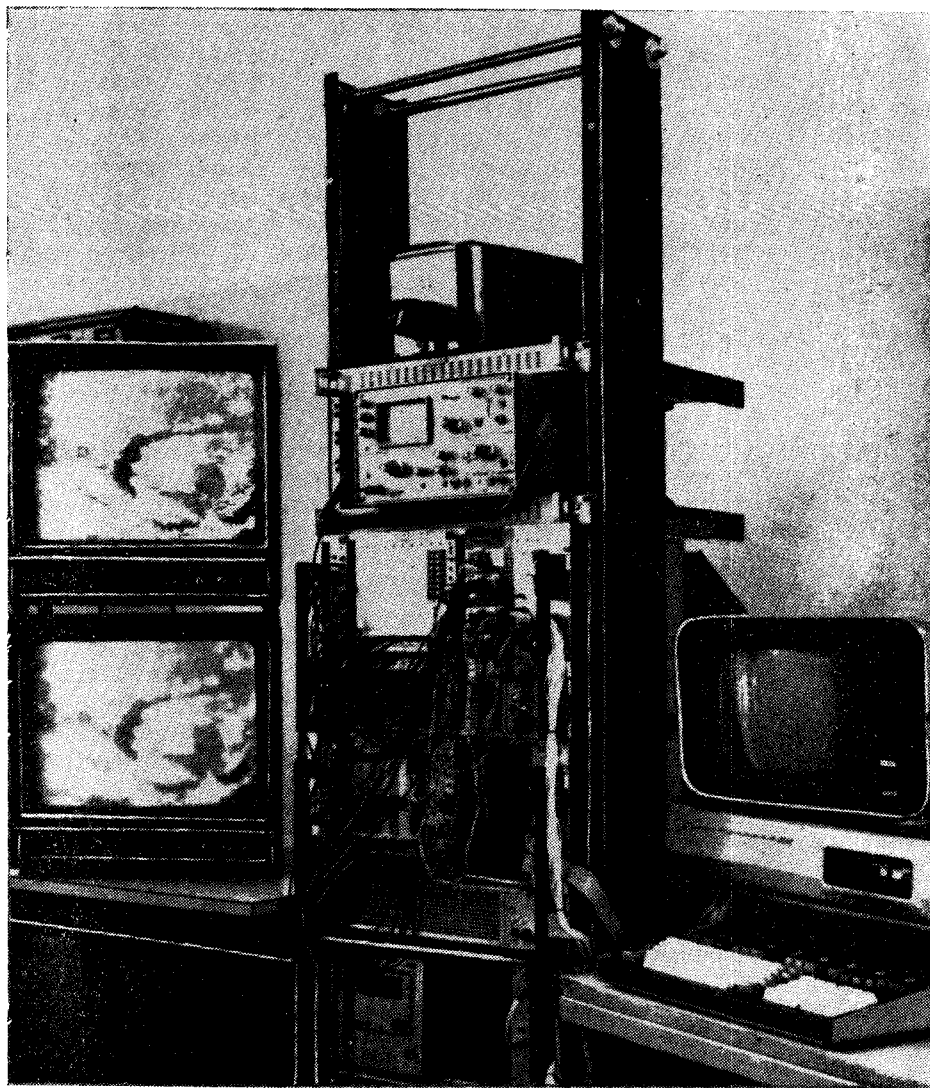


Рис. 3.

генератор опорной частоты 10 МГц и генератор пилообразного напряжения, используемый при контроле работоспособности видеосистемы.

Видеосистема сопрягается с ЭВМ «Электроника-60» через крейт-контроллер [3].

Внешний вид видеосистемы представлен на рис. 3. Система собрана в стойке КАМАК и состоит из двух крейтов. В каждом крейте содержится оборудование одного кадра. Управляемые контроллером модули обмениваются информацией по 16 шинам данных, по остальным шинам ведется аппаратная скоростная передача данных.

Построение видеосистемы в конструктиве КАМАК и обмен с ЭВМ через крейт-контроллер делают видеосистему независимой от типа ЭВМ, с которой она используется. При замене ЭВМ достаточно сменить только крейт-контроллер. Управление модулями видеосистемы осуществляется КАМАК-командами.

Для программирования работы видеосистемы, а также для тестирования системы и отладки ее узлов разработан простейший интерактивный язык на основе бейсикподобного языка QUASIC [4], ориентированного на работу с КАМАК-оборудованием.

Интерактивный язык включает операторы, позволяющие произво-

дить коммутацию блоков системы, задание режимов и функций этих блоков, а также управление вводом/выводом информации. При работе с системой возможно активное участие оператора как на стадии задания режимов работы, так и при визуальной оценке реакции на выбранный режим.

Для облегчения практической работы с видеосистемой реализованы макрооператоры, задающие последовательность операторов, результатом которых являются элементарные действия над изображениями, например накопление определенного числа кадров; построение профиля интенсивности изображения в вертикальном или горизонтальном сечении; построение гистограмм интенсивности вдоль диагонали кадра; чтение и сброс изображений на магнитную ленту; выделение фрагментов изображения при помощи меток; вывод функции НПИ на монитор; операции программной свертки изображения.

Кроме того, реализованы операторы, осуществляющие с помощью НПИ нормирование визуализируемого изображения по яркости (посредством определения точек минимальной и максимальной яркости на диагонали изображения); выделение на визуализируемом изображении участков одинаковой интенсивности; преобразование полутонового изображения в двухградационное (битовое); логарифмирование и потенцирование изображений; преобразование интенсивности изображения по произвольному закону, задаваемому графиком на входе ТВ-камеры и т. д.

Для хранения часто используемых управляющих программ применен кассетный магнитофон РК-1, управляемый через КАМАК-модуль последовательной связи.

В настоящее время видеосистема находится в опытной эксплуатации. С ее помощью, например, проведены эксперименты по накоплению и выделению объектов при астрофизических исследованиях (совместно с САО АН СССР), по улучшению резкости изображений и т. п.

Авторы выражают благодарность А. И. Чернышеву и Е. М. Орлову за участие в разработке технической документации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баглай Р. Д. и др. Цифровая видеосистема регистрации, обработки и отображения оптической информации.— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ: Тез. докл. VI Всесоюз. конф. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1981.
2. Ефремов А. П., Касперович А. Н., Литвинов Н. В., Шалагинов Ю. А. Широкополосный аналого-цифровой преобразователь.— Автометрия, 1981, № 6.
3. Касперович А. Н., Солоненко В. И. Крейт-контроллер к ЭВМ «Электроника-60».— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ: Тез. докл. V Всесоюз. конф. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1979.
4. Подольский Л. И. Система QUASIC для программирования на микро-ЭВМ.— Пуццо, 1980.

*Поступила в редакцию 30 декабря 1983 г.*

УДК 771.537

**М. Л. АГРАНОВСКИЙ**

*(Новосибирск)*

#### КОРРЕКЦИЯ

#### ПРОСТРАНСТВЕННО-ЗАВИСИМЫХ ИСКАЖЕНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ДВИЖУЩИХСЯ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

1. Введение. Изучению влияния движения регистрирующей системы относительно объекта на формирование изображения и проблеме коррекции возникающих при этом искажений посвящен ряд работ по