

4. Duda R. O., Hart P. E. Use of the Hongn Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures.— Communications of the ACM, 1972, vol. 15, N 1.
5. Горелик С. Л., Пинцов В. А., Пинцов Л. А. Применение метода неточечных отображений к распознаванию образов.— Автометрия, 1975, № 6.
6. Сантало Л. А. Введение в интегральную геометрию. М., Изд-во ИЛ, 1956.
7. Межов Ф. Д., Серединский А. В., Цуккерман И. И. Телевизионные модели некоторых рецетивных полей. Проблемы физиологической оптики. Т. 13. Механизмы кодирования зрительной информации. М., Наука, 1966, с. 136—141.

Поступила в редакцию 2 июня 1979 г.

УДК 552.62 : 681.335

Ю. Ю. БАЛЕГА, А. Н. КАСПЕРОВИЧ, Ю. А. ПОПОВ,
Н. Н. СОМОВ, А. Ф. ФОМЕНКО
(Нижний Архыз — Новосибирск)

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА НАКОПЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Введение. Применение телевизионных систем в астрономии для регистрации изображений малой яркости дает ряд преимуществ перед фотографическими методами. В полной мере эти преимущества реализуются с помощью цифровых систем сбора данных, обладающих высоким быстродействием и достаточным большим объемом памяти. Скорость ввода и память современных ЭВМ недостаточны для операций с телевизионным кадром в реальном времени. Для решения некоторых практических задач астрофизики эти трудности удастся обойти путем создания специализированных быстродействующих систем [1, 2].

В Специальной астрофизической обсерватории АН СССР совместно с Институтом автоматизации и электрометрии СО АН СССР разработана быстродействующая автоматизированная система накопления и обработки телевизионных изображений с форматами кадра 256×256 и 128×512 элементов. Система способна регистрировать телевизионные изображения при частоте кадров 60 или 30 Гц с экрана электронно-оптического преобразователя (ЭОП), используемого в качестве предварительного усилителя яркости как в режиме аналогового сигнала, так и в режиме счета отдельных фотонов, а также выполнять арифметические и логические операции с этими изображениями.

Блок-схема системы и организация накопления. На рис. 1 представлена блок-схема системы накопления и анализа изображений. Изображение, яркость которого усилена ЭОП, сканируется высокочувствительной телевизионной трубкой. Видеосигнал с трубки поступает на вход 5-разрядного аналого-цифрового преобразователя (АЦП) (если применяется аналоговый режим регистрации) или на вход устройства синхронного определения центров вспышек (когда ведется счет фотонов). Преобразованное в цифровую форму изображение вводится в быструю систему накопления (БСН). В памяти системы объемом 64 К 12-разрядных слов осуществляется накопление изображения либо сложением кадров, либо добавлением единиц по адресам, найденным устройством определения центров фотонных вспышек. Содержимое памяти через цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) поступает на монитор. Для передачи управляющих команд и обмена информацией система связана с ЭВМ «Электрони-

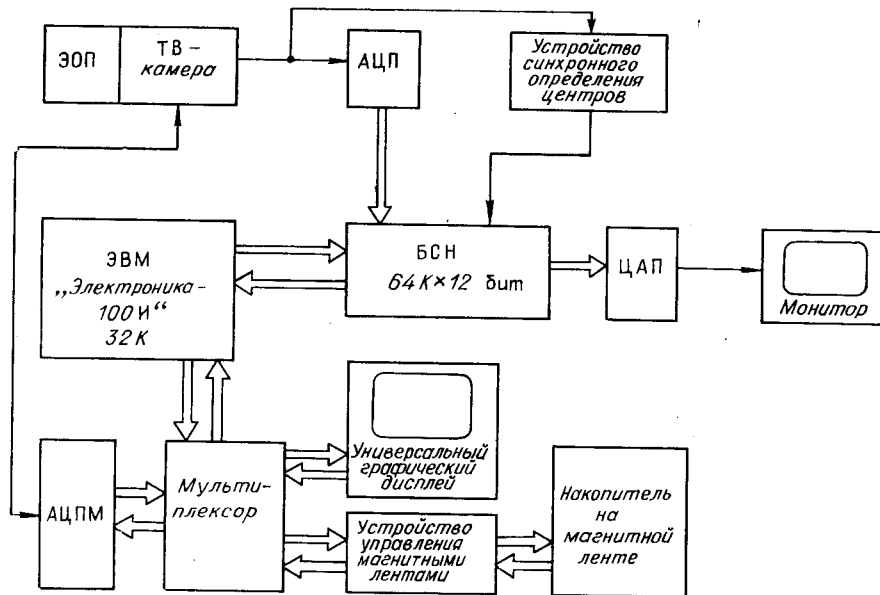


Рис. 1.

ка-100И» по стандартному программируемому каналу связи. Имеется также канал прямого доступа процессора к памяти БСН, что позволяет обрабатывать изображения без их ввода в ЭВМ. В режиме реального времени, когда память системы занята накоплением данных или их воспроизведением, процессор ЭВМ может работать с внешней памятью только во время обратного хода кадровой развертки.

К ЭВМ через мультиплексор подключены универсальный графический дисплей для диалога между экспериментатором и системой, многоканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦПМ), используемый для сбора данных с контрольных точек системы, и накопитель на магнитной ленте в качестве внешней памяти. Для обратной связи с экспериментатором имеются два курсора, подсвечиваемые на экране монитора в виде мигающих точек. Управление курсорами осуществляется программно, их содержимое и координаты выводятся на дисплей.

Основными компонентами БСН (рис. 2) являются 8 блоков внешне-го МОЗУ (магнитное оперативное запоминающее устройство), ЭВМ «Электроника-100И», блок синхронизации и управления, арифметическое устройство (АЛУ), мультиплексоры А и Б и блок связи с ЭВМ. Для работы в реальном времени на частоте 4,5 МГц блоки МОЗУ работают в конвейерном режиме, который осуществлен с помощью 16-разрядного счетчика адреса: 3 младших разряда счетчика через мультиплексор адреса и дешифратор последовательно запускают блоки МОЗУ, следующие 12 разрядов определяют адрес ячейки, а старший разряд используется для выбора одного из двух кубов памяти, входящих во все блоки МОЗУ. В результате обращение к каждому блоку проводится через 1,7 мкс, а последовательная запись и считывание информации — с интервалом в 220 нс. Выходные шины блоков через мультиплексор подключаются к АЛУ, суммирующему единичный сигнал «Центр фотонной вспышки» или выходной код АЦП с содержимым ячейки памяти БСН. Блок синхронизации управляет работой БСН и формирует строчные и кадровые синхросигналы для стандартной телевизионной аппаратуры, сопряженной с системой. Частота смены кадров может быть 60 или 30 Гц при 256×256 или 128×512 элементов разложения в кадре.

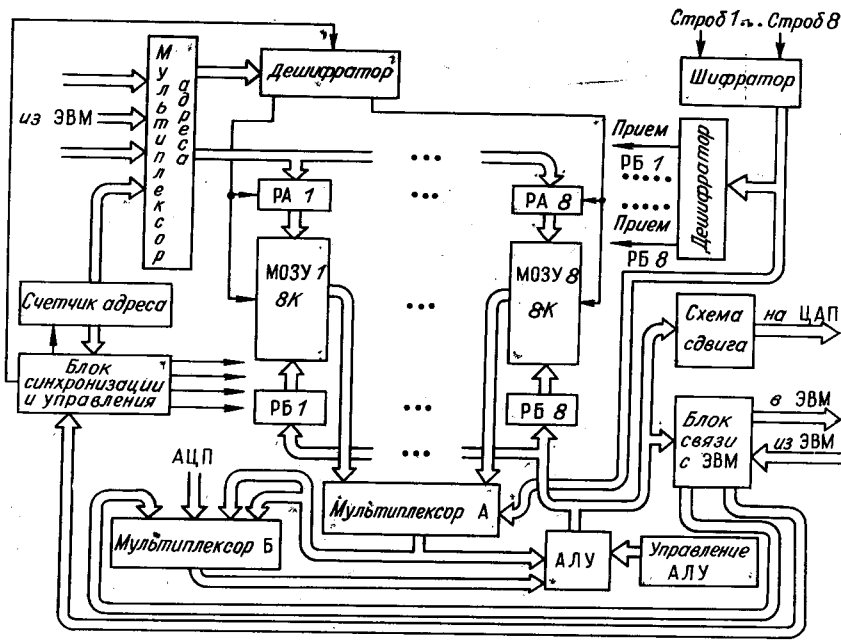


Рис. 2.

Аналоговое накопление. В аналоговом режиме регистрации код с АЦП через мультиплексор Б проходит на АЛУ и после суммирования подается на шину буферных регистров (РБ). Выход АЛУ через схему сдвига и ЦАП модулирует яркость луча монитора, синхронизированного с памятью.

Одним из эффективных способов повышения отношения сигнал/шум при наблюдении слабых объектов является такой, при котором в памяти

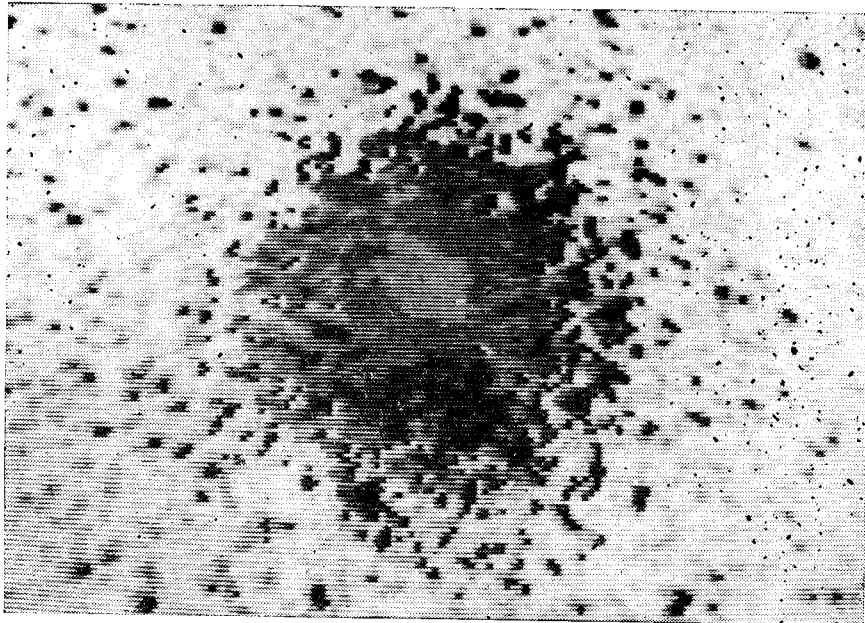
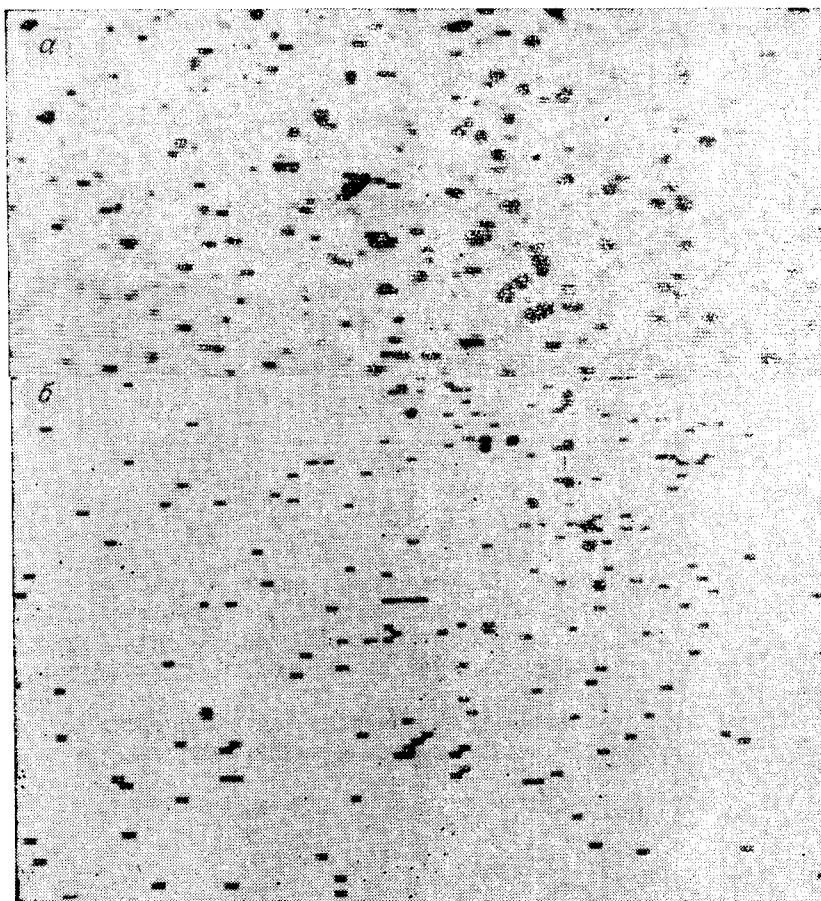


Рис. 3.



системы интегрируется изображение, предварительно накопленное на мишени телевизионной трубки. В системе предусмотрена установка времени накопления соответствующего длительности от 1 до 16^6 кадров. При этом блок управления формирует сигнал, запирающий трубку на время экспозиции. При использовании 5-разрядного АЦП и при максимальной амплитуде видеосигнала в БСН может быть сложено, как минимум, 128 кадров без переполнения ячеек памяти. Иллюстрацией эффекта аналогового накопления может служить изображение шарового скопления *M5* (рис. 3), полученного в БСН при лабораторной имитации этого режима работы.

Панорамный счет фотонов. Широкий круг астрофизических задач связан с регистрацией очень слабых потоков света, при которой необходимо сохранить линейность и пространственное разрешение получаемого изображения. Применение ЭОП, обладающего большим усилением, позволяет получать достаточно интенсивные вспышки света на выходном экране даже от одиночных фотоэлектронов.

Геометрические размеры излучающего элемента мишени ЭОП превосходят размеры элемента разрешения считывающей трубки, и, хотя от-



Рис. 4.

дельное фотоэлектронное событие должно быть приписано только одному элементу памяти, при регистрации в БСН событию соответствует группа ячеек, что приводит к потере пространственного разрешения. С целью повышения разрешения в системе применено устройство оперативного определения центров фотонных вспышек [3], представляющее собой специализированный процессор, работающий по жестко заданной программе и оперирующий текущим видеосигналом и содержимым вспомогательных ОЗУ со скоростью, согласующейся с телевизионной разверткой. Координаты центров фотонных вспышек, определенные процессором, указывают адреса ячеек памяти, содержимое которых увеличивается на 1. Процедура определения центров фотонных вспышек позволяет в 2—3 раза повысить разрешение системы при работе в реальном времени в режиме накопления фотонов.

Фрагмент телевизионного кадра с цифровым изображением Галактики NGC5248, полученным проецированием со слабоосвещенного фотонегатива (средняя величина потока в области изображения 50 фотоэлектронов/канал·ч), показан на рис. 4, а. Разрешение ограничено размерами электронной ячейки (50 мкм), что соответствует примерно 20 мм^{-1} — величине, близкой к разрешению применявшегося ЭОП. Часть пятен в изображении — след ярких вспышек предыдущего кадра; их существование объясняется инерционностью мишени телевизионной трубки. Большинство из них так же, как и интенсивные ионные вспышки, дискриминируется процессором. На рис. 4, б показан результат сложения 20 кадров, зарегистрированных в режиме определения центров фотонных

вспышек. Рис. 4, в иллюстрирует итог 30-минутного накопления в этом режиме. Следует отметить, что эти кадры получены в условиях сильной зашумленности изображения термоэлектронной эмиссией с фотокатода ЭОП (внутренний шум системы), так как регистрация велась при комнатной температуре. Несмотря на это, возникающие из отдельных фотонов спиральные рукава Галактики можно проследить уже при времени накопления 0,3 с (см. рис. 4, б). Вертикальные полосы на снимке объясняются наводками, возникающими в видеоканале при работе системы.

Как показали предварительные исследования, линейность системы при работе в режиме накопления фотонов достаточно велика: динамический диапазон находится в пределах от 1 до 10^4 фотонов/канал · ч, что соответствует типичным слабым потокам при астрономических наблюдениях.

Заключение. Важной особенностью разработанной системы является возможность прямой обработки изображений в ЭВМ с целью их улучшения или анализа. В системе предусмотрены следующие виды обработки: реставрация и цифровая фильтрация, визуальный анализ и собственно математическая обработка. Под реставрацией в первую очередь подразумевается устранение инструментальных искажений на основе фурье- и автокорреляционного анализов, учет неоднородности чувствительности приемника, устранение постоянных дефектов, связанных с недостатками мишени телевизионной трубки и т. д. Система позволяет получать в процессе накопления сечения изображений в произвольных направлениях, определять с помощью курсоров интенсивности в любых точках изображения. Графическая и буквенная информация могут выводиться на экран монитора параллельно с накапливаемыми данными.

Система предназначена для применения в астрофизических исследованиях в качестве панорамного счетчика фотонов для изучения предельно слабых объектов, а также панорамного накопления изображений повышенной яркости. Рассматривается возможность использования системы для интерферометрических работ (в сочетании со специальным процессором) и для скоростной микроденситометрии астрофотографий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Boksenberg A. Performance of the UCL Image Photon Counting System.— In: Auxiliary Instrumentation for Large Telescopes. Geneva, 1972, p. 295—316.
2. Cenalmor V. e. a. Photon Counting and Analog Television Systems with Digital Real Time Image Processing and Display.— Astron. Astrophys., 1978, vol. 69, p. 411—419.
3. Попов Ю. А. Об одном способе оперативного определения центров фотонных вспышек при считывании изображения с экрана ЭОП.— Автометрия, 1978, № 6, с. 19—23.

Поступила в редакцию 2 октября 1979 г.

УДК 681.142.6 : 621.397

И. М. БОКШТЕЙН, Л. П. ЯРОСЛАВСКИЙ

(Москва)

ДИСПЛЕЙНЫЙ ПРОЦЕССОР ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Введение. Определяя задачи и структуру автоматизированных систем цифровой обработки изображений, следует исходить из того, что изображение — это сигнал, предназначенный для зрительной системы, и главные