

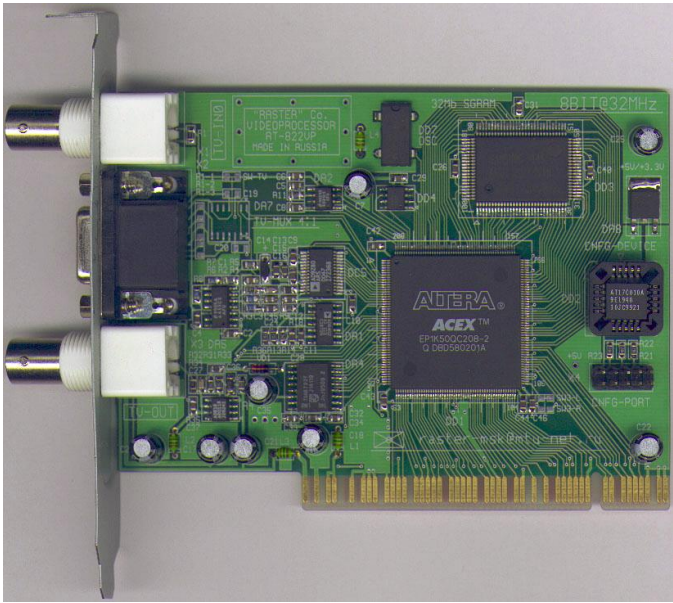
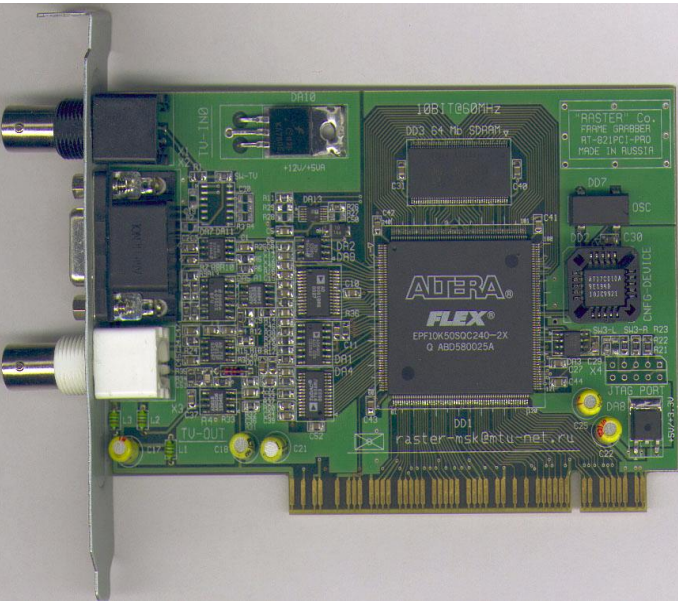
*А. В. Бондаренко, И. В. Докучаев*

## Семейство мультимедийных видеопроцессоров реального времени RT-8xxVP

### 1. Введение

Качественный скачок в современной элементной базе за последние годы, позволяет реализовать схемотехнические решения, которые не были достижимы каких-нибудь несколько лет назад. Это появление высокоскоростных АЦП/ЦАП с большим динамическим диапазоном, скоростных микросхем памяти SD/SGRAM большой ёмкости и программируемых логических микросхем (ПЛИМ), в которых можно разместить практически всю систему. Растут требования и к системам оцифровки изображений для решения целого ряда задач обработки, в частности, медицинских изображений больших пространственных разрешений. Повсеместная автоматизация медицинских и научных исследований, создание экспертных систем и скоростных телеконференций заставляют искать пути получения высококачественных изображений. Отсутствие на Российском рынке недорогих универсальных высококачественных систем ввода-вывода и обработки изображений, работающих с различными телевизионными форматами, требуют создания универсальной системы, позволяющую решать данную задачу.

В настоящее время научно-производственной фирмой ООО «Растр Технолоджи» выпускается целый ряд видеопроцессоров, совмещённых с функцией захвата кадров (Frame Grabber), перекрывающих динамический и частотный диапазон АЦП от 8 бит 32 МГц (RT-822VP, таблица 1 – левая половина), 10 бит 60 МГц (RT-821VP и RT-823VP, таблица 1 – правая половина) и до 12 бит 105 МГц (RT-851VP).

<b>RT-822VP</b>	<b>RT-821VP</b>
	
<p><b>АЦП AD9280 – 8 бит, 32 МГц,</b> нелинейность – <b>0,2 LSB.</b> Любой ТВ сигнал с пиксельной частотой до <b>32 МГц</b> Пространственное разрешение – до <b>2048 × 1024</b> Память SGRAM – <b>4 Мегапикселей (1М × 32)</b> Широкополосный ЦАП <b>TDA8702T - 30 МГц, 8 бит,</b> нагрузка до <b>70 мА</b> вывод на внешний ТВ монитор (ВКУ) Габаритные размеры – <b>120 × 87 × 18 мм</b></p>	<p><b>АЦП AD9051– 10 бит, 60 МГц,</b> нелинейность – <b>0,7 LSB.</b> Любой ТВ сигнал с пиксельной частотой до <b>60 МГц</b> Пространственное разрешение – до <b>2048 × 2048</b> Память SDRAM – <b>8 Мегапикселей (2М × 32)</b> Широкополосный <b>125 МГц, ТxDAC9760-10 бит,</b> нагрузка до <b>70 мА</b> вывод на внешний ТВ монитор (ВКУ) Габаритные размеры – <b>127 × 87 × 18 мм</b></p>

## Обработка

Электронные регулировки: усиления и смещения с привязкой к уровню чёрного – 256 отсчётов  
Автоматическая настройка на максимальный динамический диапазон АЦП  
Усреднение полукадров, ввод с накоплением 2, 4, 8, 16 кадров  
Геометрические преобразования, оконный режим  
Возможно изготовление специальных «прошивок» ПЛМ по требованию заказчика

Таблица 1. Ключевые особенности и внешний вид видеопроцессоров, совмещённых с функцией захвата кадров

### 2. Общие свойства видеопроцессоров

Специализированные платы серии **RT-8xxVP** представляют собой мультимедийные видеопроцессоры, совмещённые с функцией захвата кадров (Frame Grabber) и предназначены для высококачественного ввода динамических чёрно-белых или RGB статических телевизионных изображений в ПК на базе платформы Intel x86 и обработки их в реальном масштабе времени. В качестве источника сигнала могут использоваться телекамеры, ПЗС линейки и матрицы, видеомагнитофоны, электронные микроскопы, рентгеновские установки, УЗИ сканеры и другие устройства, выдающие видеосигнал в различных телевизионных стандартах (форматах). Платы имеют 4-х канальный входной мультиплексор и видеовыход, позволяющий контролировать ввод сигнала на внешнем мониторе или выводить туда “замороженный” кадр или их последовательность. Различные автоматические настройки позволяют производить обработку видеосигнала без участия оператора. Фазовая автоподстройка частоты строк во всём диапазоне пиксельных частот уменьшает дрожание пикселя до 4 нсек, и этот параметр улучшается с повышением частоты оцифровки. Четырёхразрядный цифровой интерфейс (ТТЛ) для подключения внешних сигналов синхронизации, управляющих или исполнительных устройств.

Важным свойством плат является возможность при сохранении высокого пространственного разрешения обеспечивать ввод сигнала в компьютер и запись его на жёсткий диск без пропуска кадров даже при высокой частоте смены кадров (до 60 Гц при прогрессивной развёртке, до 120 Гц при чересстрочной развёртке). Это достигается благодаря наличию на плате PCI контролера, работающего в режиме DMA и способного пересылать оцифрованные данные из внутреннего буфера памяти **RT-8xxVP** в оперативную память компьютера со средней скоростью более 60 МБ/сек практически без участия процессора.

Представленное уникальное семейство видеопроцессоров – это результат воплощения более, чем 10-летнего опыта нашей кропотливой работы. Видеопроцессоры отличает передовая технология поверхностного монтажа, современная элементная база, простота в программировании и эксплуатации, высокая надёжность, гарантия до 3-х лет.

### 3. Аппаратная реализация и программное обеспечение

Входной сигнал, нагруженный на резистор 75 Ом, поступает на 4-х канальный коммутатор с нормирующим усилителем,  $K_u=1$ . Скорость переключения коммутатора составляем 8 нсек, что позволяет в некоторых задачах коммутировать пиксельную частоту. Переключение каналов происходит во время кадровых гасящих импульсов, в регистре состояния устанавливается флаг конца кадра и после этого происходит переключение канала. В результате нет потери кадров. ФАПЧ и синхронизация успевают установиться за несколько первых строк.

Далее сигнал проходит через DC-restorer, где происходит привязка к уровню чёрного, потом на Video Fader на котором реализованы электронные регулировки смещения уровня чёрного и усиления. Управляет им электронный потенциометр AD8402, имеющий 256 шагов установки. Сигналы синхронизации выделяются SYNC сепаратором, выдающим полную информацию о сигнале – чётный/нечётный кадр, наличие сигнала, горизонтальную синхронизацию и сигнал HOLD для клампирования DC-restorer или АЦП AD9280. Постоянная времени сепаратора автоматически устанавливается в зависимости от ТВ формата посредством коммутатора ADG704. Далее сигнал поступает на вход АЦП и затем в ПЛМ ALTERA, где происходит его последующая обработка. В случае внешней синхронизации можно подавать непосредственно на ПЛМ логические уровни LVTTTL строчной, кадровой и пиксельной частоты.

На каждой плате реализована аналоговая ФАПЧ представляющая собой фазовый детектор, фильтр, накопительный конденсатор, широкодиапазонный ГУН, делитель на 2 и выходной буфер. Используя счётчики с переменным коэффициентом деления можно добиться большого диапазона перестройки строчных и пиксельных частот.

Хранение информации осуществляется в синхронной графической памяти. Для её управления реализован конечный автомат с входными и выходными стеками FIFO. Тактирование памяти происходит на пиксельной частоте. Применение 32Мб и 64 Мб SGRAM с организацией 1(2)М × 32 удачно сочетается с 32-х битной архитектурой PCI шины.

Видео выход, имеющийся на каждой плате видеопроцессора позволяет не только визуализировать на внешнем аналоговом ВКУ поток видео данных с ТВ источника или с жёсткого диска ПЭВМ, но и налаживать тракты телевизионных устройств, выдавая тест сигналы, например по ГОСТ 7845-92. Использование в конечном каскаде AD818 позволяет отдавать в нагрузку токи до 70 мА.

#### 4. Видеопроцессор RT-851VP

На рис. 1 представлена блок-схема видеопроцессора RT-851VP. В нём используется АЦП AD9234BST-80/105 с опорным источником напряжения REF192.

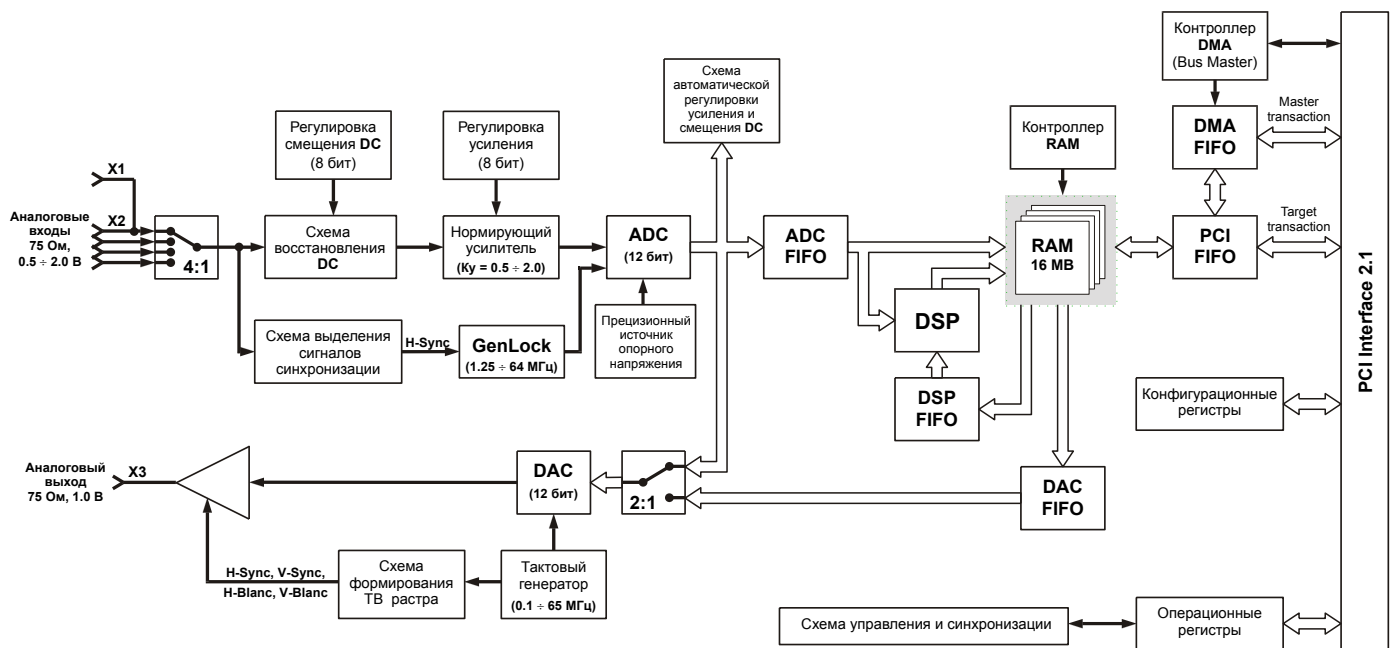


Рис. 1. Схема мультиформатного видеопроцессора реального времени RT-851VP

Отличительной особенностью видеопроцессора RT-851VP является модуль DSP – 32-х разрядный блок цифровой обработки сигналов реального времени. 18-ти битный аккумулятор позволяет производить накопление с повышением динамического диапазона. Он выполняет целочисленные операции сложения, вычитания, умножения и деления элементов одного или несколько изображений и является динамически загружаемым (реконфигурируемым) в процессе работы модулем устройства, время загрузки порядка 10 мс. В настоящее время подготовлены две базовые функции обработки:

- геометрические преобразования, усреднение двух полукадров, накопление 2, 4, 8, 16, 32 или 64 смежных кадров;
- накопление 2, 4, 8, 16, 32 или 64 смежных кадров, рекурсивное накопление с различными коэффициентами (1 .. 1/32) бесконечной последовательности телевизионных кадров;
- вычитание фона (маски) с различными весовыми коэффициентами, сложение/вычитание вводимого телевизионного изображения с заданным кадром;
- дополнительное повышение контрастности вводимого изображения в 2, 4 и в 8 раз.

Размер буфера памяти – 16 Мегапикселей SDRAM с организацией 2 × 2Мб × 32 (8 телевизионных кадров формата 1024 × 1024 × 12 или X × Y × 8, где X × Y < 2048 × 1024). Программируемый цифровой 9-битный порт ввода-вывода. При перекачке в ПЭВМ используется аппаратный вертикальный Flip, эта функция упрощает программирование в среде Win-32. В ближайшей версии будет использован так называемый Scatter/Gather PCI DMA Controller (разбрасывание-собираение). Суть его заключается в том, что перекачка больших объёмов данных происходит в системе не через одно большое выделенное окно, а через много маленьких. Уже при 16 оконном режиме достигается выигрыш в скорости до 25%.

В таблице 2 приведены основные параметры, которые программируются отдельно для входа и выхода.

<b>Аналоговый вход</b>		
ПАРАМЕТР	ВЕЛИЧИНА	ЗНАЧЕНИЕ
Входное сопротивление	Ом	75
Уровень входного сигнала	В	0,5 ... 2
Развёртка	—	Чересстрочная, прогрессивная
Синхронизация	—	Внешняя (ТТЛ) или внутренняя (полярность синхроимпульсов отрицательная)
Регулировка усиления	ДБ	± 6 (256 градаций)
Регулировка уровня чёрного	ДБ	± 0,3 (256 градаций)
Разрядность АЦП	Бит	12 / 8 АЦП – 12 бит, 105/80 МГц, нелинейность ± 0,5 LSB
Пиксельная частота	МГц	2,5 ... 64; дрожание пикселя (jitter) – не более 4 нсек.
Частота строк	КГц	12 ... 100
Длина строки	Пиксель	256 ... 2048 с шагом в 1 пиксель
<b>Аналоговый выход</b>		
Размер окна ввода	Пиксель	(256 ... 2048) × (1... 2048) с шагом в 4 пикселя по горизонтали и в 1 строку по вертикали.
Уровень выходного сигнала	В	1.0 ± 0.05 на нагрузку 75 Ом
Телевизионный растр	—	Формируется программно под любой телевизионный стандарт
Развёртка	—	Чересстрочная, прогрессивная
Разрядность ЦАП	Бит	TxDAC9760 10 / 8
Пиксельная частота	МГц	0,1 ... 65
Длина строки	Пиксель	256 ... 2048 с шагом в 1 пиксель
Размер области вывода	Пиксель	(256 ... 2048) × (1... 2048) с шагом в 4 пикселя по горизонтали и в 1 строку по вертикали.

Таблица 2. Основные программируемые параметры для входа и выхода видеосигнала

На рис. 1 приведена общая схема для мультимедийных видеопроцессоров RT-8xxVP. На схеме блок DSP, конечный автомат работы с SDRAM, стеки FIFO, реализованы на ПЛИМ ALTERA семейства APEX EP20K100QC240-2. Интерфейс мастер PCI V2.1, интеллектуальный контроллер, входные/выходные ФАПЧ, управление электронными регулировками и настройками – на семействе ACEX EP1K50FC256-2. Плата выполнена по технологии двухстороннего поверхностного монтажа с применением FBGA-256 корпуса с шагом 1 мм. Габаритные размеры – 120 × 102 × 18 мм.

Программное обеспечение всех видеопроцессоров работает в среде MS-DOS и WINDOWS - 2000 (NT-4). Все драйвера устанавливаются с помощью программы Setup.exe.

## 5. Результаты работы

На рисунках 2 и 3 ниже представлены результаты работы видеопроцессора RT-851VP. Условия съёмки – ТВ камера WATEC-902H, калиброванная освещённость  $10^{-6}$  люкс, ЭОП. На рис. 2 слева показан кадр входной видеопоследовательности с шумовой составляющей ПЗС матрицы и ЭОП. На рис. 3 справа – результат обработки, время интеграции – около 4-х секунд. Использовались следующие функции:

- Автоматическая настройка на максимальный динамический диапазон;
- Рекурсивное накопление по формуле результирующий кадр  $F_n = k * F_n + (1 - k) * F_{n-1}$ , при  $k=1/32$ ;
- Аппаратное контрастирование в 4 раза.

Таким образом, для наблюдения за статичными объектами использование функции рекурсивного накопления позволяет снизить требования к качеству ПЗС матрицы, повышая соотношение сигнал/шум.



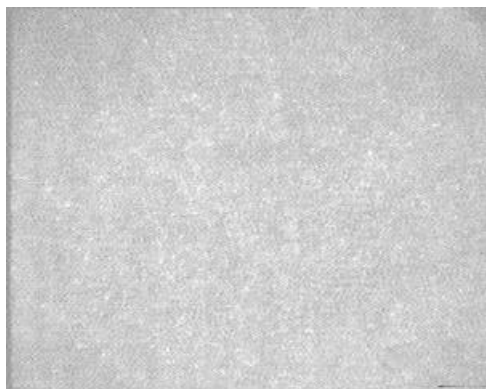


Рис. 2. Входной кадр с сильным шумом при калиброванной освещённости порядка  $10^{-6}$  люкс



Рис. 3. Результат обработки, время интеграции – около 4-х секунд

## 6. Применение

В настоящее время можно выделить несколько основных направлений использования видеопроцессоров:

- Медицинская радиология, ультразвук, микроскопия;
- Системы сопровождения и слежения за дальним и ближним космосом;
- Различные научные исследования;
- Системы технического зрения, робототехника, неразрушающий контроль, кристаллография.

Применительно к медицинским радиологическим системам хочется особо отметить работу видеопроцессора RT-851VP в составе ангиографического комплекса фирмы Siemens. Для проведения ангиографических исследований на сердце необходимо иметь систему оцифровки телевизионного сигнала в реальном времени так называемого второго ТВ стандарта (ТВЧ) –  $1249 \times 1249$  при 25/30 кадров в секунду при 12-ти битном динамическом диапазоне и с визуализацией обработанных потоков на внешних аналоговых мониторах и записью на видеомагнитофон с различным разрешением. Так же необходимо записывать серии до 20 секунд без пропусков кадров в память или на жёсткий диск – Raid массив нулевого уровня из 4 дисков.

Система, построенная на базе видеопроцессора RT-851VP, позволяет выполнять следующие функции:

- Непрерывный или одиночный ввод (с обработкой или без таковой) телевизионных кадров в компьютер с одновременным контролем вводимого исходного или обработанного изображений на внешнем мониторе или запись на ТВЧ видеомагнитофон;
- Непрерывный или одиночный ввод (с обработкой или без таковой) телевизионных кадров в компьютер с одновременным просмотром любого ранее введённого телевизионного кадра на внешнем мониторе. При этом формат вводимого и выводимого телевизионного изображения может быть различным;
- Вывод серии ранее введённых кадров или полукадров на внешний приёмник телевизионного сигнала в реальном времени или с замедлением (без ввода изображения в компьютер);
- Оптимальная автоматическая настройка яркости и контрастности вводимого телевизионного изображения;
- Реализация функции Variable Scan, позволяющей настраиваться на любое аспектное соотношение телевизионного изображения путём изменения длины строки в пикселях и частоты дискретизации (независимо для ввода и вывода);
- Раздельная программная регулировка размеров и местоположения окна ввода и вывода видеоизображения в пределах телевизионного растра;
- Субстракция (вычитание фона) из потока изображений с различными коэффициентами.

Видеопроцессор работает в операционной среде WINDOWS – 2000 и управляется мультимодальной рабочей станцией (MPC) MultiVox, разработанной в НИИЯФ МГУ ([www.med.mics.msu.ru](http://www.med.mics.msu.ru)).

Мультимодальная рабочая станция (MPC) MultiVox предназначена для регистрации, обработки, анализа и визуализации двумерных и трёхмерных изображений, получаемых от медицинских приборов, использующих разные по своей природе методы генерации изображений от: рентгеновских аппаратов, ангиографов, маммографов, компьютерных томографов, томографов на основе ядерного магнитного резонанса, аппаратов, использующих радионуклидные методы, ультразвуковых диагностических приборов, эндоскопов, микроскопов и пр. Работа MPC в вычислительной сети медицинского учреждения позволяет обеспечить совместную визуализацию на одном экране изображений от разных медицинских интроскопических

приборов и систем, архивирование результатов на сервере базы данных, проведение телеконференций, подключение удалённого пользователя через Интернет.

Совместное использование видеопроцессоров серии RT-8xxVP и мультимодальной рабочей станции MultiVox, позволяют решать практически любые задачи обработки медицинских радиологических изображений произвольных форматов. В настоящее время ангиографическая система штатно работает в МОНИКИ, Ростовской, Брянской, Тульской областной больнице, 33 МСЧ.

Полученные результаты обработки ангиографических изображений полностью удовлетворяют требованиям врачей.

## 7. Литература

1. Техническая документация и руководство пользователя на видеопроцессоры серии RT-8xxVP. ООО «Растр Технолоджи». 2002 г. Москва.
2. Бондаренко А. В. Докучаев И. В. «Использование мультиформатного видеопроцессора RT-850 для визуализации и обработки ангиографических изображений в реальном времени». Труды I Евразийского конгресса, V национальной конференции по медицинской физике и инженерии. «Медицинская физика–2001» 18-22 июня 2001 г. Москва.
3. Бондаренко А. В. «RT-850 – мультиформатный видеопроцессор реального времени». Доклад на 3-й Международной конференции и выставке «Цифровая обработка сигналов и её применение». 29 ноября – 1 декабря 2000 г. Москва.
4. Бондаренко А. В. «Профессиональный мультиформатный видеопроцессор реального времени». Труды международной конференции по биомедицинскому приборостроению «Биомедприбор 2000» т. 1, с. 183. 24-26 октября 2000 г. Москва.
5. Стешенко В. Б. «Программируемые логические интегральные схемы: обзор архитектур и особенности применения в аппаратуре ЦОС». Цифровая обработка сигналов. № 2, 2000 г. с. 39.