

Использование DSP обработки реального времени в цифровых камерах и видеопроцессорах для систем наблюдения, мониторинга и ДЗЗ

А. В. Бондаренко, И. В. Докучаев, М. Г. Князев

ООО «Растр Технолоджи», (495) 789-93-67, Web: www.rastr.net, E-mail: info@rastr.net, 117593, Москва, Соловьинный проезд, 4-1-152.

Цифровые камеры предназначены для визуализации слабоконтрастных и зашумлённых изображений, получаемых с электронно-оптических преобразователей, исследований и наблюдений в области астрофизики, в СТЗ роботов, системах слежения, наведения, дистанционного зондирования, и неразрушающего контроля.

Камеры позволяют получать высококачественное изображение 1024 x 1024 с прогрессивной развёрткой при 50 кадрах/с, 12-битным разрешением по яркости и обрабатывать его в реальном времени с применением различных DSP-функций. Предусмотрена внутренняя и внешняя синхронизация с гальванической развязкой.

Камеры состоят из следующих узлов: фотоприёмника, кабеля связи и платы управления с цифровым интерфейсом **RT-644**, устанавливаемой в компьютере на шину **PCI 2.1**. Передача изображения на расстояние до 10 м с использованием канала связи **Channel Link (RS-644)** с пропускной способностью до **1.5 Гб/сек**. Электронные регулировки позволяют настраивать яркость, контрастность, время экспозиции, управлять всеми режимами ПЗС матриц.

Предусмотрен 10-битный вывод изображения на **RGB** монитор с разрешением 1280 x 1024 60 Гц или на телевизионный монитор (стандарты **CCIR, ГОСТ 7845-92**), функции управления объективом.

В таблице приведены значения пороговых (минимальных) значений потока излучения и освещённости, при которых уровень полезного сигнала, снимаемый с одиночного пикселя (12.8 мкм) матрицы, будет равен значению среднеквадратического отклонения (СКО) шума. Значения получены для источников с цветовой температурой 2856⁰К (источник света типа «А») и 6000⁰К при времени накопления $T_{\text{нак}} = 40\text{мс}$.

Нетрудно подсчитать, что увеличение времени накопления до 5 секунд, позволяет камере работать с освещённостями $\sim 10^{-5}$ лк.

Параметр	Цветовая температура источника $T_{\text{це}}, ^\circ\text{K}$	
	2856	6000
Энергетический пороговый поток, Вт	$9.3 \cdot 10^{-15}$	$2.5 \cdot 10^{-15}$
Энергетическая пороговая освещённость, $\text{Вт}/\text{м}^2$	$5.8 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-5}$
Световой пороговый поток, лм	$1.53 \cdot 10^{-13}$	$2.3 \cdot 10^{-13}$
Световая пороговая освещённость, лк	$9.5 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-3}$

При вводе изображения в ПЭВМ доступны следующие функции цифровой обработки:

- **Рекурсивная фильтрация.** Коэффициент рекурсии определяет соотношение между уровнем шумов слабоконтрастного изображения и динамикой его обновления.

Результирующее изображение в n -ом кадре вычисляется по формуле:

$$Y_n = k * X_n + (1 - k) * Y_{n-1},$$

где Y_n – результирующее изображение в n -ом кадре;

X_n – оцифрованное изображение в n -ом кадре;

Y_{n-1} – результирующее изображение в $n-1$ -ом кадре;

k – коэффициент рекурсии, $1/64 \leq k \leq 1$.

- **Вычитание кадра.** В качестве вычитаемого используется кадр изображения, записанный по команде оператора:

$$Y_n = (k * X_n - (1 - k) * X_{DSP}) / 2 + C,$$

где Y_n – результирующее изображение в n -ом кадре;

X_n – оцифрованное изображение в n -ом кадре;

X_{DSP} – вычитаемый кадр изображения;

k – весовой коэффициент, $1/64 \leq k \leq 1$;

C – коэффициент, равный половине разрядной сетки АЦП.

- **Сложение с кадром.** В качестве слагаемого используется кадр изображения, записанный по команде оператора:

$$Y_n = k * X_n + (1 - k) * X_{DSP},$$

где Y_n – результирующее изображение в n -ом кадре;

X_n – оцифрованное изображение в n -ом кадре;

X_{DSP} – суммируемый кадр изображения;

k – весовой коэффициент, $1/64 \leq k \leq 1$.

- **Вычитание двух смежных кадров.** В качестве вычитаемого используется предыдущий кадр изображения:

$$Y_n = (k * X_n - (1 - k) * X_{n-1}) / 2 + C,$$

где Y_n – результирующее изображение в n -ом кадре;

X_n – оцифрованное изображение в n -ом кадре;

X_{n-1} – оцифрованное изображение в $n-1$ -ом кадре;

k – весовой коэффициент, $1/64 \leq k \leq 1$;

C – коэффициент, равный половине разрядной сетки АЦП.

- **Сложение двух смежных кадров.** В качестве слагаемого используется предыдущий кадр изображения:

$$Y_n = k * X_n + (1 - k) * X_{n-1},$$

где Y_n – результирующее изображение в n -ом кадре;

X_n – оцифрованное изображение в n -ом кадре;

X_{n-1} – оцифрованное изображение в $n-1$ -ом кадре;

k – весовой коэффициент, $1/64 \leq k \leq 1$.

Статистические измерения проводятся в так называемом стробе статистики – в некоторой произвольно расположенной прямоугольной области кадра изображения, размером от 1×1 до 1024×1024 пикселей. В настоящее время выполняются следующие виды измерений:

- определение минимального и максимального значения пикселя внутри строба статистики за время ввода одного кадра;
- определение количества пикселей, превышающих заданный интервал разности значений одинаково расположенных пикселей в двух кадрах изображения - текущего и эталонного.

Интервал разности значений – порог превышения (обнаружения) – задается по модулю в одном из регистров камеры. В качестве эталонного может использоваться предыдущий кадр изображения или любой кадр из потока, записанный в DSP банк. Эта информация позволяет определять динамику изменения изображения в определенном пространственном направлении, проводить селекцию статических и динамических изображений, реализовать детектор движения.

Специализированные платы серии **RT-8xxVP** представляют собой **мультиформатные видеопроцессоры**, предназначенные для высококачественного ввода чёрно-белого телевизионного изображения в ПК и обработки его в реальном времени. Источником сигнала могут быть ТВ камеры, и любые другие устройства, выдающие видеосигнал в различных телевизионных стандартах. Платы имеют 4-канальный входной мультиплексор и видеовыход, позволяющий контролировать на внешнем видеоконтрольном устройстве (ВКУ) ввод сигнала, выводить на ВКУ “замороженный” кадр или последовательность кадров в реальном времени. Различные автоматические настройки позволяют производить обработку видеосигнала без участия оператора. Видеопроцессоры имеют систему фазовой автоподстройки частоты, которая уменьшает дрожание пикселя до 4 нсек. Для подключения внешних сигналов синхронизации или управляющих и исполнительных устройств имеется четырехразрядный цифровой интерфейс (ТТЛ).

Важным свойством плат является сочетание таких характеристик, как высокое пространственное разрешение и ввод сигналов без пропуска кадров с высокой частотой их следования (более 60 Гц). Это достигается благодаря специальной организации внутреннего буфера памяти и PCI-контроллеру, работающему в режиме DMA и обеспечивающему среднюю скорость пересылки данных более 60 Мбайт/сек без участия центрального процессора.

Отличительной особенностью видеопроцессора является наличие реконфигурируемого модуля реального времени цифровой обработки сигналов (DSP). С его помощью выполняются целочисленные операции сложения, вычитания, умножения и деления элементов одного или несколько изображений. Функции обработки изображения можно изменять в ходе работы

видеопроцессора путём их динамической загрузки с жесткого диска. Структура видеопроцессора позволяет расширить набор функций обработки изображений в соответствии с требованиями заказчика. При этом аппаратной доработки или замены платы не требуется. Объём буфера памяти составляет 16 Мбайт, что дает возможность обрабатывать до 8 телевизионных кадров формата 1024 x 1024 x 12, либо переменного формата X x Y x 8 (при X x Y < 2048 x 1024).

Комплект разработчика программно-алгоритмического обеспечения «*Raster technology SDK v2.xx*» представляет собой инструмент, позволяющий разрабатывать собственные приложения и программные средства, использующие видеопроцессоры и цифровые камеры.

В настоящее время цифровые камеры и видеопроцессоры используются для наблюдения и обработки информации, полученной из дальнего и ближнего космоса, изображений с БПЛА, ЛИДАРов, мониторинга окружающей среды.

Литература

1. Техническая документация и руководство пользователя на видеопроцессоры серии RT-8xxVP. М.: ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ». 2006 г. URL: www.rastr.net/product/video-proc.html
2. Техническая документация на цифровые камеры. М.: ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ». 2006 г. URL: www.rastr.net/product/digit-cam.html
3. А. В. Бондаренко, И. В. Докучаев, В. Б. Стешенко. Аппаратная реализация систем ввода, обработки, хранения и вывода изображений различных телевизионных форматов и стандартов. Журнал ЦОС № 1, 2003 г., стр. 27.
4. Бондаренко А. В., Докучаев И. В., Князев М. Г., Коноплянников Ю., Лазаренко Ю.М. Лазерная система автоматизации измерения габаритов сооружений на железных дорогах. Журнал ЦОС № 4, 2004 г., стр. 36.
5. Бондаренко А. В., Докучаев И. В., Князев М. Г. Расчёт пороговых значений потока излучений и освещённости для ПЗС матриц Kodak KAI-1003M, KAI-1020M и Philips FTF-3020M. Журнал «ССТV-focus» №4 2006 г., стр. 24.
6. Бондаренко А. В., Докучаев И. В., Князев М. Г. Телевизионная видеокамера с цифровой обработкой в реальном времени. Журнал «Современная электроника» № 3, 2006 г., стр. 50.