

## ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ПРОЦЕССОРОВ TMS320C6000

Курячий М.И., Рудникович А.С., Семенов Е.В.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, Тел.: (382-2) 41.3547, E-mail: andreyti@tu.tusur.ru

**Реферат.** В работе рассматривается возможность реализации телевизионных измерительных систем с использованием процессоров платформы C6000 фирмы Texas Instruments. Приводится обзор алгоритмов, позволяющих программно реализовать различные варианты высокопроизводительных прецизионных телевизионных измерительных систем.

Телевизионные измерительные системы (ТИС), нашли достаточно широкое применение в устройствах наблюдения, ориентации, навигации, системах технического зрения роботов, в медицине и других областях. Основными элементами таких систем являются телевизионные датчики, вычислительные и исполнительные устройства.

При обработке сигналов в ТИС следует сохранять пространственно-временные компоненты и связи, которые необходимы для решения конкретной предметной задачи, то есть необходимо преобразовывать информацию телевизионного датчика в форму, пригодную для решения, например, задачи обнаружения заданных деталей в изображении и измерения их параметров. Качественные показатели работы ТИС (чувствительность, точность, быстродействие, помехоустойчивость) определяются не только характеристиками телевизионного датчика и вычислителя, но и эффективностью используемых алгоритмов обработки видеoinформации и их адекватностью решаемой задаче.

Решение различных задач анализа изображений с высокой точностью, включая задачи определения параметров подвижных объектов, используя поток видеоданных в реальном времени, затруднено из-за большой аппаратной сложности устройств и высоких требований к их быстродействию. Для работы ТИС в реальном масштабе времени обработка видеoinформации должна осуществляться за время, как правило, не превышающее длительности телевизионного кадра, что составляет 40 мс. Объем информации, который может быть обработан за указанное время, ограничен производительностью системы. При решении конкретных задач (слежение за группой объектов, слежение за одним малоразмерным или протяженным объектом) требуются аппаратные средства различной конфигурации. Унификация таких аппаратных средств возможна путем использования программируемых вычислителей и программной реализации модулей обработки сигналов в ТИС.

Обработка видеоданных в реальном масштабе времени с помощью цифровых сигнальных процессоров (ЦСП) совсем недавно была невозможна из-за их низкой производительности. В настоящее время ситуация кардинально изменилась. Уже сейчас возможна достаточно сложная обработка изображений с помощью сигнальных процессоров. Процессоры платформы C6000 фирмы Texas Instruments являются на сегодняшний день одними из самых производительных сигнальных процессоров. Они имеют 8 вычислительных блоков – два умножителя и шесть АЛУ, которые способны выполнять от 800 до 4800 MIPS (миллионов операций в секунду), при тактовых частотах от 100 до 600 МГц. На рис. 1 приведена структурная схема устройства обработки видеоданных на базе ЦСП, которая использовалась для проведения экспериментальных исследований. На современном этапе развития электроники такие устройства, содержащие АЦП, ЦАП, ОЗУ (SDRAM), ППЗУ (EEPROM) приемлемых объемов, могут быть реализованы при малой массе, размерах и низком энергопотреблении. Интерфейс JTAG позволяет не только программировать ППЗУ, но и отлаживать программу с использованием устройства, на котором она будет работать. При этом для решения отдельных задач возможно как создание отдельного устройства, так и использование готовых унифицированных программируемых модулей на базе ЦСП, содержащих необходимую периферию.

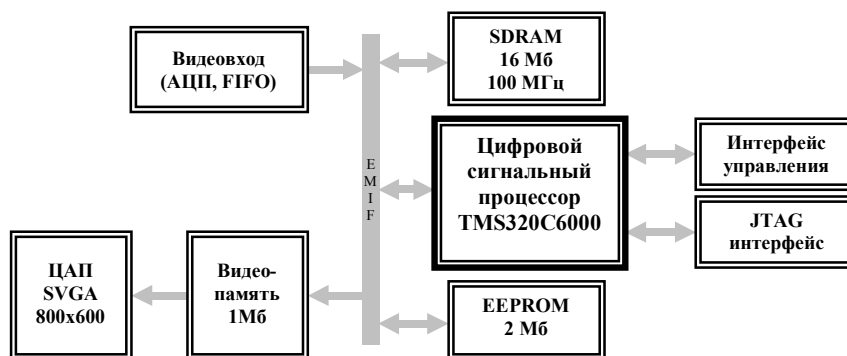


Рис. 1

Наиболее сложной задачей, решаемой телевизионным измерителем, является определение параметров группы объектов в реальном времени. Один из способов повышения производительности устройств обработки видеоинформации, с целью измерения координат группы объектов, заключается в устранении повторяющихся вычислительных операций. В частности, при использовании алгоритма интервального дифференцирования, который реализуется в рекурсивно-сепарабельных цифровых фильтрах (РСЦФ), разностное уравнение имеет вид:

$$y(nT) = \frac{1-M}{2} [x(nT) - x(nT - MT - T)] + \frac{1+M}{2} [x(nT - T) - x(nT - MT)] + 2y(nT - T) - y(nT - 2T).$$

Дифференцирующий РСЦФ подобного вида для формирования выходного результата выполняет всего лишь семь арифметических операций, независимо от размеров сканирующей апертуры [1]. Измеритель координат, построенный на базе РСЦФ, позволяющий производить измерение координат группы объектов по многоуровневому видеосигналу с точностью до десятых долей элемента разложения описан в [2].

На рисунках приведен пример определения координат группы объектов путем специальной обработки сигналов координатных ошибок (выявления экстремальных областей), их пороговой и логической обработки. За исходное изображение, для наглядности, принято изображение с искусственно введенными помеховыми и фоновыми образованиями (рис. 2). На рис. 3 показано изображение после устранения помех с использованием ранговых процедур. На рис. 4 визуализирован процесс определения грубых координат объектов. При этом следует отметить, что для каждой конкретной ситуации существует оптимальный алгоритм измерения координат, позволяющий добиться наиболее точных результатов измерений.



Рис. 2



Рис. 3

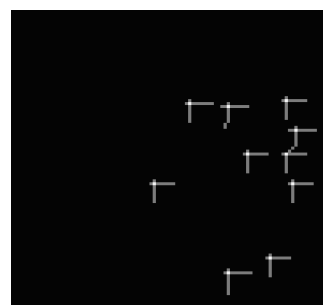


Рис. 4

Часто используются телевизионные следящие системы, предназначенные для поиска, обнаружения, измерения координат одиночных объектов и формирования сигналов управления этими объектами или платформой следящей системы. При программной реализации дискриминаторов, производящих оценку координат в стробе по "центру масс" двумерного массива, возможно предпринять ряд упрощений, существенно снижающих нагрузку на вычислитель. При размерах строба  $M$  элементов по оси  $X$  и  $N$  элементов по оси  $Y$  для уменьшения числа умножений предварительно вычисляются проекции массива в векторы, по которым производится вычисление нормированных сигналов рассогласований по соответствующим осям. При этом число умножений сокращается в  $N$  раз при вычислении сигнала рассогласования по оси  $X$  и в  $M$  раз при вычислении сигнала рассогласования по оси  $Y$ . Кроме того, возможна такая программная реализация алгоритма дискриминатора, при которой можно полностью избежать операций умножения и исключить переходные процессы, порождаемые в РСЦФ. Это позволяет не только дополнительно снизить

нагрузку на микропроцессор, но и существенно снизить использование такого важного ресурса, как память.

Алгоритмическое обеспечение ТИС включает в себя, как правило, следующие процедуры обработки видеoinформации: предварительную фильтрацию видеосигнала (компенсацию фона); обнаружение наиболее информативных фрагментов изображения; измерение информативных параметров в выбранных фрагментах, например, координат, яркости и размеров объекта; вторичную фильтрацию измеренных параметров. Предварительную внутрикадровую обработку видеосигнала представляется целесообразным выполнять с использованием процедур ранговой фильтрации в сочетании с дифференцирующими двумерными линейными операторами. Принципы реализации таких алгоритмов изложены в [3] на примере построения устройства для выделения изображений объектов. Измерение координат возможно выполнять в «сигнально-фономом» стробе для того, чтобы устранить влияние фоновых составляющих в видеосигнале на точность определения сигналов рассогласования. При траекторной фильтрации сигналов рассогласования в цифровом виде и последующем замыкании контура слежения ТИС возникают дополнительные ошибки, связанные с характером округления цифровых данных. В цифровом телевизионном следящем устройстве, описанном в [4], реализован алгоритм, минимизирующий ошибки округления за счет введения дополнительного следящего контура по дробной части результата.

Поскольку на практике широкое распространение получили такие алгоритмы линейной фильтрации, как «скользящее среднее», «лапласиан», «выделение вертикальных и горизонтальных линий», то на их примере можно наглядно показать возможности ЦСП платформы С6000 фирмы Texas Instruments в области обработки изображений. Упомянутые выше частные случаи двумерной свертки были программно реализованы с использованием системы команд, универсальной для всех процессоров платформы С6000. Скорость обработки данных полученными функциями, при размерах фильтрующей апертуры 3x3 элемента, равна 1,25 тактов процессора на элемент изображения. Это в 4 раза быстрее, чем для функции, входящей в стандартную библиотеку Texas Instruments, реализующей универсальный алгоритм двумерной свертки (с полным набором умножений). Например, для обработки изображения размером 768x576 элементов такими функциями, процессор с тактовой частотой 100 МГц затрачивает 4,5÷5,5 мс, что составляет 14% времени телевизионного кадра.

В настоящее время, выполняется комплекс работ по разработке и оптимизации алгоритмического и программного обеспечения для различных вариантов ТИС на базе процессоров платформы С6000 фирмы Texas Instruments.

### Литература

1. Казанцев Г.Д., Курячий М.И., Пустынский И.Н. Измерительное телевидение. – М.: Высшая школа, 1994. 288 с.
2. Дмитриенко В.Л., Курячий М.И., Курьянович Е.Я. Непараметрическое обнаружение множества объектов в телевизионном изображении с использованием сканирующих многоэлементных апертур. // Изв. высш. учеб. заведений. Приборостроение. 1991, №4. С. 69-74.
3. Костевич А.Г., Ильин А.Г., Курьянович Е.Я. Ранговые алгоритмы выделения объектов. Тез. докл. Всесоюзн. научно-техн. конф. Рига, 1986. Т.2. С. 607-610.
4. Ильин А.Г., Костевич А.Г., Курячий М.И. Прецизионное измерение координат объектов цифровыми телевизионными следящими системами. // Изв. высш. учеб. заведений. Приборостроение. 1991, №4. С. 64-69.



## TMS320C6000 PROCESSOR-BASED TELEVISION MEASUREMENT SYSTEMS

Kouryatchy M., Roudnikovitch A., Semenov E.

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics  
634050, 40, Lenin Ave., Tomsk, Russia  
Ph.: (382-2) 41-35-47, e-mail: [andreyti@tu.tusur.ru](mailto:andreyti@tu.tusur.ru)

**Abstract.** The paper considers the possibility to implement the television measurement systems based on C6000 platform processors by Texas Instruments. It also reviews the algorithms that allow to program different kinds of highly efficient television measurement systems.

The television measurement systems are widely applied in monitoring systems, orientation, navigation, robot vision systems, medicine, and other fields. The most complicated task that a television measurement system can solve is determining the real time parameters of an object group. One of the ways to increase the efficiency of the video information processing devices to measure the object group coordinates is to avoid iterative calculations by using recursively separable digital filters. [1]. A recursively separable digital filters-based coordinate measurement device allowing to measure an object group coordinates by multi-level video signal to within one tenth of the pixel is described in [2].

The television measurement systems algorithms normally include the following video information processing procedures: preliminary filtering the video signal (background compensation); finding the most informative parts of the image; measuring the informative parameters in the selected parts, for example, the coordinates, brightness, and sizes of the object; second filtering the measured parameters. It seems advisable to do the preliminary intraframe processing of the video signal using the rank filtering procedures in combination with differentiating two-dimensional linear operators. The principles of implementing these algorithms are described in [3] with an example of creation of a device for detecting the object images. The digital television monitoring system described in [4] applies an algorithm that minimizes the rounding errors by adding one extra contour monitoring by fractional part of the result.

By the example of the linear filtration algorithms such as Moving Average, Laplacian, Separation of Vertical and Horizontal Lines, it is possible to show the capabilities of the C6000 platform by Texas Instruments in image processing. The above particular cases of bidimensional convolution have been programmed using the systems of commands of TMS320C6000 processors. The speed of data processing by the obtained functions is 1,25 CPU cycles per pixel, with the filtering aperture size 3x3 elements. It is 4 times as quick as that for the function included in the standard Texas Instruments library that implements the universal bidimensional convolution algorithm (with full multiplication set).

### References

1. G.D. Kazantsev, M.I. Kouryatchy, I.N. Poustynsky. Measuring television. – Moscow, Vysshaya Shkola, 1994. 288 p.
2. V.L. Dmitrienko, M.I. Kouryatchy, E.Y. Kourianovitch. Nonparametric detection of an object set in television images using the scanning multi-element apertures. // *Priborostroenie*. 1991, No. 4. pp. 69-74.
3. A.G. Kostevitch, A.G. Ilyin, E.Y. Kourianovitch. Rank algorithm of object separation. Proceedings of Scientific Conference, Riga, 1986. vol. 2. pp. 607-610.
4. A.G. Ilyin, A.G. Kostevitch, M.I. Kouryatchy. Precision coordinate measurement by digital television monitoring systems. // *Priborostroenie*. 1991, No. 4. pp. 64-69.