

По работе можно сделать следующие выводы.

Была поставлена задача аппаратной реализации метода автоматической адаптации для специализированной цифровой видеокамеры. Проведенный анализ возможностей элементной базы (ПЛИС) показал, что все этапы алгоритма можно реализовать аппаратно. По результатам исследования разработана структурная модель модуля автоматической адаптации контроллера управления ПЗС матрицей видеокамеры рентгеновского преобразователя. RTL модель написана на языке Verilog HDL. Устройство реализовано на ПЛИС Xilinx XC3S400.

Использование вычислительных алгоритмов для предсказания позволяет гибко настраивать свойства камеры под конкретные условия съемки.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛИС В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЦИФРОВЫХ ВИДЕОКАМЕРАХ

Д.М. Чумаков, С.В. Козлов

В работе рассматривается один из возможных вариантов реализации на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС) контроллера управления ПЗС матрицей видеокамеры рентгеновского преобразователя. Целью работы является разработка контроллера, реализующего функции управления, накопления и обработки оптических данных на аппаратном уровне. Проведен анализ возможностей элементной базы. Проведены исследования по оптимизации контроллера для повышения производительности системы сбора и обработки информации.

В настоящее время одним из перспективных направлений неразрушающего контроля качества изделий является создание рентгенотелевизионных систем с возможностью получения и обработки изображений на персональном компьютере. В рамках этой задачи возникает необходимость разработки специализированной цифровой видеокамеры на основе высокочувствительной ПЗС матрицы, имеющей относительно невысокую стоимость. Помимо стоимости, конкурентоспособность такой камеры напрямую зависит от ее разрешающей способности, с увеличением которой резко возрастает нагрузка на систему сбора и обработки информации. Целью данной работы является разработка контроллера, реализующего функции управления, накопления и обработки данных на аппаратном уровне, что снизит нагрузку на микропроцессор и, следовательно, повысит производительность системы.

Контроллер должен обеспечивать управление ПЗС матрицей (далее матрица) высокого разрешения FTF3020 фирмы Dalsa, оптимально используя представленные в ней новые механизмы скоростного считывания данных, тактирование и сбор информации с 12-битного АЦП VSP1221 фирмы Texas Instruments, а также накопление полученной информации во внутренней памяти с последующей передачей ее микропроцессору для дальнейшей обработки. В качестве элементной базы для построения контроллера была выбрана программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС) Spartan-3 фирмы Xilinx (модификации S400). Эта дешевая и быстрая ИС с объемом внутренней памяти 288 Кб идеально подходит для решения поставленной задачи.

Проведем анализ возможностей ПЛИС.

Основной функцией контроллера является функция управления ПЗС. Сигналы интегрирования и очистки пикселей, а также вертикального и горизонтального сдвига данных в матрице ПЛИС формирует, анализируя лишь состояние группы определенных внутренних регистров. Перед обработкой в системе данные из матрицы оцифровываются

в АЦП, поэтому тактирование АЦП – неотъемлемая часть алгоритма управления. Весь алгоритм поставлен в зависимость от внешнего сигнала разрешения работы, что решило проблему перехода от режима «один снимок» к «серийной съемке» и обратно.

В 6-мегапиксельной ПЗС матрице FTF3020 для увеличения скорости сбора данных реализован метод скоростного (2х- или 4х-стороннего) считывания, при котором матрица условно делится на половины или четверти. Чтение секторов происходит параллельно, как из отдельного устройства, поэтому увеличение сторон считывания не усложняет алгоритм управления матрицей, однако по той же причине ведет к увеличению числа АЦП.

Для удобства взаимодействия с системой извне в микропроцессорах устанавливают операционную систему Linux. При этом процессор утрачивает возможность работы в реальном масштабе времени. Это означает, что в момент прихода данных он, возможно, будет занят некоторой прикладной программой, и на переключение уйдет время. Данные будут потеряны. В связи с этим возникла необходимость создания промежуточного хранилища хотя бы одной строки данных.

В ПЛИС существует возможность организации различных типов памяти. Для наших задач был выбран двухпортовый синхронный стек FIFO (First In First Out), так как именно этот тип отвечает последовательному характеру доступа к данным и учитывает вероятность одновременного чтения и записи информации.

При параллельном скоростном считывании данных из матрицы каждому АЦП предоставлен отдельный буфер FIFO. Левая половина строки сдвигается слева направо, а правая – справа налево. К тому же при считывании с четырех сторон одновременно обрабатываются 2 равноудаленные от центра поля строки. Развернуть кадр наиболее оптимально программными средствами.

Для увеличения чувствительности камеры используется метод объединения соседних пикселей (биннинг). При этом чувствительность возрастает, а разрешение падает пропорционально количеству объединенных пикселей. Во столько же раз уменьшается поток, передаваемый в персональный компьютер.

Существует 3 метода реализации биннинга: программный, аппаратный и физический.

Программный биннинг – достаточно ресурсоемкая задача, реализуемая в процессорных системах.

В аппаратном биннинге определяющим фактором является емкость ПЛИС. Пусть максимальное количество пикселей в каждом стеке FIFO: $D = 2000$; ширина слова АЦП: $W = 12$ бит; тип памяти (FIFO): двухпортовая; использовано очередей FIFO соответственно формуле: $F = B \cdot S$, где степень биннинга: $B = 4$, количество сторон считывания матрицы: $S = 4$. Требуется использовать памяти ПЛИС: $V = W \cdot D \cdot 2 \cdot F = 768000$ бит. Расчет показал, что в исходной интегральной схеме полноценный аппаратный биннинг невозможен, так как объем ее внутренней памяти (288000 бит) значительно меньше требуемой. Необходимо вводить ограничения, менять ПЛИС или использовать иной метод.

Самым простым и скоростным является физический биннинг, реализуемый внутренними средствами ПЗС матрицы. Сложение строк и пикселей и, соответственно, накопление заряда осуществляет сама матрица под влиянием управляющих сигналов контроллера. В отличие от других матриц (например, Sony ICX285AL) FTF3020 от Dalsa поддерживает физическое объединение пикселей. Для организации биннинга были внесены изменения в алгоритм формирования управляющих сигналов.

В контроллере также разработан модуль, реализующий функцию автоматической адаптации, которая применяется при съемке объектов с разной плотностью или если сложно предсказать оптимальную экспозицию. При включении режима автоматической адаптации, производится пробный снимок. Затем диаграмма распределения яркостей изображения (гистограмма) подвергается контроллером анализу. По результатам анализа производится основная экспозиция.

Кроме всего прочего, для реализации интерфейса обмена информацией с микропроцессором, включающего 16-битную шину данных, 4-битную шину адреса и 3 сигнала управления, в ПЛИС был спроектирован дешифратор адреса.

По работе можно сделать следующие выводы.

Была поставлена задача проектирования контроллера ПЗС матрицы видеокамеры рентгеновского преобразователя. Проведенный анализ возможностей элементной базы (ПЛИС) показал, какие функции целесообразно реализовать аппаратно, а какие – возложить на процессор. По результатам анализа разработаны поведенческая и структурная модели контроллера. RTL модель написана на языке Verilog HDL. Устройство реализовано на ПЛИС Xilinx XC3S400.

В настоящее время видеокамера находится на стадии разработки программного обеспечения.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОСЕГМЕНТНОГО ЛИНЕЙНОГО ДЕТЕКТОРА С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ ДАННЫХ В СОСТАВЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РЕНТГЕНОВСКОГО КОНТРОЛЯ

Д.М. Чумаков, С.А. Щетинкин, Е.Ю. Усачев, С.В. Козлов, А.В. Сысоев

В статье рассмотрены общие вопросы построения многосегментных линейных детекторов в составе транспортных систем рентгеновского контроля. Показана актуальность и дано обоснование необходимости использования систем с распределенной обработкой данных. Рассмотрены основные аспекты межсегментного взаимодействия и предложены методы реализации.

Использование линейных детекторов в составе рентгеновских систем сканирования различных объектов в настоящий момент получило широкое распространение. Это связано с множеством факторов:

- в настоящее время существует большое количество видов рентгеночувствительных детекторов с различными размерами (от 0,2 до 50 мм) и эффективностью. Широкая номенклатура детекторов позволяет выбрать наиболее подходящий вариант для данной конфигурации сканирующей системы;
- простота использования. Сканирующая линейка нужной длины набирается из последовательно сгруппированных одиночных детекторов или модулей фиксированной длины;
- высокая чувствительность. Достигается благодаря большой площади детектора и отсутствию оптических потерь.

Наряду с полезными свойствами существуют и недостатки.

- высокая стоимость рентгеночувствительных линеек, в зависимости от типа используемого детектора, пропорциональная количеству каналов;
- высокий разброс в характеристиках отдельных детекторов (может достигать до 30 %).

Наиболее распространенным конструктивным приемом при проектировании многоэлементных линейных детекторов является сегментация, т. е. объединение части детекторов в отдельный законченный узел со своей схемой управления. Это особенно актуально для линеек с большими геометрическими размерами. Данный прием обусловлен стремлением обеспечить определенную унификацию используемых кон-