

Г. Е. Журов, М. Ю. Цивинский

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДУЛЬНАЯ РЕКОНФИГУРИРУЕМАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ И МНОГОКАНАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Рассматривается реконфигурируемая система, состоящая из набора универсальных функциональных модулей, обеспечивающих весь цикл обработки сигналов тепловизионных и многоканальных приборов в реальном времени.

Ключевые слова: встроенные реконфигурируемые вычислительные системы, тепловизионные приборы, многоканальные приборы.

Современные тепловизионные и многоканальные приборы характеризуются постоянно возрастающими требованиями к системе обработки входного потока данных. Эти требования обусловлены такими факторами, как:

- большие размерности современных и перспективных приемников излучения в используемом спектральном диапазоне;
- высокая частота кадров;
- тенденция к увеличению числа параллельно обрабатываемых каналов, особенно для мульти- и гиперспектральных систем;
- необходимость использования сложных и ресурсоемких алгоритмов цифровой обработки сигналов;
- необходимость реализации значительной части вычислений в реальном масштабе времени;
- необходимость уменьшения энергопотребления.

Исходя из перечисленных требований и анализа тенденций развития тепловизионных и многоканальных систем можно сделать вывод о возрастающей сложности системы обработки данных, что при превышении некоторого порога требует перехода к новым принципам построения вычислительной системы приборов [1, 2]. Порог в данном случае качественно определяется количеством пикселей в приемниках, количеством параллельно обрабатываемых каналов, темпом поступления данных (определяется кадровой частотой в каждом канале), сложностью алгоритмов обработки изображения, используемых в каждом конкретном случае.

Решение таких задач с помощью процессоров общего назначения, а также цифровых сигнальных процессоров (Digital Signal Processors) труднореализуемо вследствие невозможности обеспечить требуемую вычислительную мощность и требуемое энергопотребление (не выше некоторого заданного).

При альтернативном подходе основной объем вычислений выполняется реконфигурируемой системой, состоящей из набора функциональных модулей и реализованной на базе FPGA (Field-Programmable Gate Array).

Типичная система (см. рисунок) содержит следующие функциональные модули.

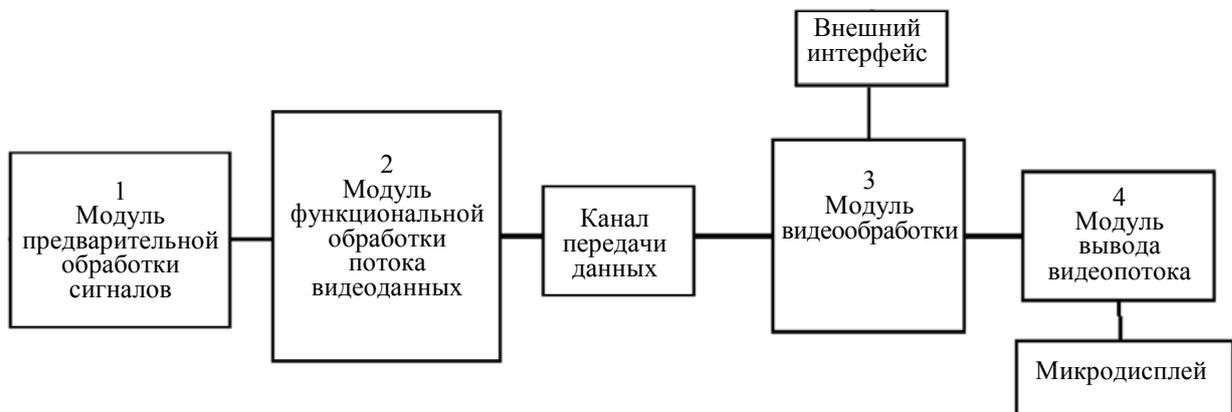
1. Модуль предварительной обработки сигналов приемника инфракрасного или видимого диапазона спектра.

2. Модуль функциональной обработки потока видеоданных. Назначение модуля — обработка потока данных с учетом специфики прибора, например с учетом особенностей микроболометрических матриц (таких как существенная неравномерность характеристик по отдельным элементам матрицы, необходимость коррекции уровней опорных напряжений

матрицы в зависимости от ряда внешних факторов и т. д.). Данный модуль позволяет формировать, наряду с потоком первичных видеоданных, потоки вторичных (информационных) видеоданных, используемых для отображения меню.

3. Модуль видеообработки. Обмен данными между модулем видеообработки и модулем функциональной обработки осуществляется с использованием многоуровневого помехозащищенного стека протоколов. Такое решение позволяет указанные модули разнести в пространстве, например в приборах, устанавливаемых на подвижных управляемых объектах. Назначение данного модуля — обработка изображения без привязки к конкретному спектральному диапазону и подготовка видеопотока для вывода на устройство отображения. Данный модуль имеет высокоскоростной канал передачи цифровых данных для связи с внешними устройствами.

4. Модуль вывода видеопотока на устройство отображения. В качестве устройства отображения в данном случае используется микродисплей или выносной дисплей.



Обработка данных в реальном времени означает, что все необходимые вычисления (обработка текущего набора входных данных, например считанных с матричных приемников кадров) заканчиваются раньше, чем на вход системы поступят новые данные. Это, в свою очередь, достигается путем обеспечения соответствующей вычислительной мощности тракта обработки данных.

С практической точки зрения, рассмотренный подход к решению данной задачи (построение вычислительного устройства на базе FPGA) не нов и используется большинством разработчиков в течение ряда лет. Более широкий взгляд на представленную структуру позволяет сделать следующие выводы.

Во-первых, реализованное на базе FPGA высокопроизводительное вычислительное устройство построено не на основе классической фоннеймановской архитектуры. Под архитектурой фон Неймана здесь понимается общая парадигма построения всех современных компьютеров (принцип хранимой программы и т. д.), а не фоннеймановская организация компьютера в более узком смысле (программа и данные в общей памяти). Фоннеймановская парадигма предполагает, что вычислительным процессом управляет поток команд, а данные выбираются из систем хранения или из памяти. Альтернативная схема основана на том, что процессом вычислений „управляют“ входные потоки данных, которые на входе системы попадают в подготовленную вычислительную инфраструктуру, обладающую естественным параллелизмом. Такая концепция построения вычислительных систем известна давно, но по ряду принципиальных ограничений не применялась на практике [3].

Во-вторых, данная система относится к классу реконфигурируемых вычислительных систем (устоявшийся англоязычный термин — Reconfigurable Computing). Парадигма построения реконфигурируемых (вычислительных) систем сочетает в себе одновременно гибкость программного подхода и высокую производительность аппаратного решения [1].

Представленная линейка модулей в силу своей универсальности была использована без какой либо аппаратной модификации (для некоторых модулей и без программной модификации) для целого ряда приборов, работающих в различных спектральных диапазонах.

Одно из направлений применения рассмотренных модулей — тепловизионные прицелы [4] и приборы наблюдения. Унификация модулей позволяет легко переконфигурировать систему применительно к использованию приемников различных форматов и, в том числе, различного производства.

Другое направление — применение данного решения в системах с приемниками видимого диапазона. При этом переход от использования такой линейки модулей в тепловизионном приборе к использованию в приборе телевизионном сводится к модификации только одного модуля — модуля предварительной обработки сигналов.

Для дальнейшего усовершенствования системы предполагается проведение исследований по уменьшению габаритов и снижению энергопотребления при одновременном увеличении вычислительной мощности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Reconfigurable Computing: the Theory and Practice of FPGA-Based Computation / Ed: S. Hauck, A. Dehon. Burlington, MA: Elsevier, 2008.
2. Raytheon Develops World's First Polymorphic Computer. Military Embedded Systems [Электронный ресурс]: <<http://www.mil-embedded.com/news/db/?5784>>.
3. Hartenstein R. Keynote Addresses [Электронный ресурс]: <<http://www.hartenstein.de/keynotes.htm>>.
4. Голицын А. В., Журов Г. Е., Цивинский М. Ю., Голицын А. А., Яшина Т. В., Навражных В. А., Мишанин С. С. Тепловизионный прицел для стрелкового оружия // Тез. докл. Рос. конф., 22—26 авг. 2011 г. Новосибирск, 2011. С. 148.

Сведения об авторах

Гарри Евгеньевич Журов

— Филиал Института физики полупроводников СО РАН „Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники“, Новосибирск; начальник сектора; E-mail: hz@oesd.ru

Михаил Юрьевич Цивинский

— Филиал Института физики полупроводников СО РАН „Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники“, Новосибирск; ведущий инженер; E-mail: m_tsiv@mail.ru

Рекомендована
научно-техническим советом
Института

Поступила в редакцию
27.06.13 г.