

**А. П. Сорокин, С. М. Чудинов**

АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М. А. Карцева», Москва, Россия

# НАУЧНЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ГЕТЕРОГЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*В статье обоснована разработка научного подхода проектирования высокопроизводительной гетерогенной вычислительной платформы (ВГВП) для обработки изображений. В качестве прикладной проблемы для реализации на ВГВП выбрана задача обработки изображений в режиме жесткого реального времени, поступающей по каналам связи от разнородных специализированных информационных систем. Рассмотренные научные подходы реализуют концепцию создания многомодульной архитектуры, в которой одновременно несколько вычислительных модулей с разнородной архитектурой могут параллельно обрабатывать информационные потоки. В статье показано, что гетерогенность, архитектурные решения и программные механизмы взаимодействия модулей различной архитектуры позволяют эффективно применять ВГВП для гетерогенной параллельно-конвейерной обработки данных.*

**Ключевые слова:** проектирование вычислительной платформы, высокопроизводительная гетерогенная вычислительная платформа, ВГВП, сложнотруктурируемые изображения, программируемая логическая интегральная схема, ПЛИС.

Для цитирования: Сорокин А. П., Чудинов С. М. Научный подход к выбору высокопроизводительной гетерогенной вычислительной платформы для обработки изображений // Радиопромышленность. 2017. № 3. С. 68–73.

**A. P. Sorokin, S. M. Chudinov**

M. A. Kartsev Scientific and Research Institute of Computing Systems, Moscow, Russia

# SCIENTIFIC APPROACH TO SELECTION OF A HIGH-PERFORMANCE HETEROGENEOUS COMPUTING PLATFORM FOR IMAGE PROCESSING

*The article substantiates the development of a scientific approach to the design of a high-performance heterogeneous computing platform (VGVP) for image processing. As an applied problem for realization on VGVP, the task of image processing in the regime of hard real time, coming through communication channels from diverse specialized information systems, was chosen. The considered scientific approaches realize the concept of creating a multi-module architecture, in which simultaneously several computational modules with a heterogeneous architecture can be processed by information flows. The article shows that heterogeneity, architectural solutions and program mechanisms of interaction of various technologies and technologies. VGVP for heterogeneous parallel-pipeline data processing.*

**Keywords:** computer platform design, high-performance heterogeneous computing platform, complex-structured images.

For citation: Sorokin A. P., Chudinov S. M. Scientific approach to selection of a high-performance heterogeneous computing platform for image processing. Radiopromyshlennost, 2017, no. 3, pp. 68–73 (In Russian).

При создании высокопроизводительной гетерогенной вычислительной платформы [1] одной из целей, преследуемой разработчиками, являлось проектирование вычислительной платформы, удобной как для построения новых вычислительных систем под конкретную задачу пользователя, так и для применения в уже существующих вычислительных системах и комплексах в качестве вычислительного спецоборудования, призванного усовершенствовать последние. В качестве прикладной проблемы разработчиками ВГВП может быть выбрана задача обработки изображений в режиме жесткого реального времени, поступающей по каналам связи от разнородных специализированных информационных систем. Исходя из этого, создаваемые вычислительные средства должны удовлетворять следующим научным подходам (методам):

- Распределенные вычисления – уход от централизованных вычислений с использованием одного хоста.
- Конвейеризация – распределенные вычислительные модули строятся с применением конвейерных вычислений с минимизацией глубины конвейера.
- Минимизация потоков обмена – применение алгоритмов работы вычислительных модулей, минимизирующих передачу данных между ними.
- Организация структуры транзитных данных – использование алгоритмов реального времени, предполагающих пересечения большого количества коррелированных потоков данных «каждого с каждым» с жесткой привязкой к временным меткам.
- Синхронизация – привязка к временным меткам внешней синхронизации или несколько синхросерий, поступающих на вычислительные модули распределенной архитектуры. Без этого совместная распределенная обработка данных в канальном интервале невозможна.

Рассмотренные выше научные подходы реализуют концепцию создания многомодульной архитектуры, в которой одновременно несколько вычислительных модулей с разнородной архитектурой могут параллельно обрабатывать информационные потоки. Элементы технологий машинного зрения представляют собой взаимосвязанную технологическую последовательность, включающую следующие звенья: получение изображения от видеокамеры; обработку (оцифровку) изображения; логический анализ цифрового изображения и выделение нужной информации; перемещение камеры в пространстве. Видеокамера и устройство обработки изображения являются главными составляющими системы машинного зрения, их объединяет термин «техническое зрение». Для подобных систем характерно наличие не-

скольких потоков структурно-разнородных данных (в первую очередь это видеопотоки от камеры высокого разрешения), необходимость приема данных в нестандартных форматах, необходимость максимизации быстродействия для отработки сценариев по предназначению системы в режиме реального времени. Для обработки каждого из потоков данных целесообразно использовать ту архитектуру, которая будет эффективнее при обработке каждого из потоков данных. Например, для реализации ряда специальных прикладных алгоритмов или предварительной обработки нестандартных данных целесообразно использовать вычислитель на базе ПЛИС, для обработки интенсивных потоков видео – вычислители на базе графических процессоров, для решения задач контроля и принятия решений – вычислитель центрального процессора, и т.д. Исходя из постановки задачи автором были разработаны модули VIM301, CPC306, KIB386 и сконфигурирован аппаратный состав базового вычислительного блока – гетерогенного вычислителя на базе модуля видеопроцессора VIM301 и модуля центрального процессора CPC306 (табл. 1) [2], а дополнительные аппаратные средства представлены в табл. 2.

Структурная схема гетерогенного вычислителя на базе модуля видеопроцессора VIM301 представлена на рис. 1.

Рассмотрим этапы работы конвейера на конкретном примере. Для ввода данных в вычислительный контур сразу от нескольких камер по стандарту NTSC/PAL/SECAM используется модуль видеопроцессора VIM301, смонтированный на модуль процессора CPC306, оснащенный ПЛИС для проведения вычислений на жесткой логике. Такая система позволяет, во-первых, осуществить ввод данных через стандартные аналоговые интерфейсы, а во-вторых, осуществлять обработку данных не только с помощью центрального процессора, но и путем реализации сложных алгоритмов на ПЛИС и вывод результирующей информации на дисплей, подключенный к модулю видеопроцессора VIM301.

Поступающие на модуль VIM301 кадры видеоизображения разрешения 720x576 точек, 16 бит/пикселей при 25 кадрах в секунду для стандартов PAL/SECAM или разрешения 720x504 точек, 16 бит/пикселей при 30 кадрах в секунду для стандарта NTSC далее преобразуются в формат 16-бит YUV.

Допускается выбор, с какой камеры поступает изображение, или можно перебирать каждую из подключенных камер и получать для обработки изображения с каждой из камер поочередно.

Полученный кадр можно сохранить на диске или подвергать программной обработке.

Достоинством гетерогенного вычислителя на базе модуля видеопроцессора VIM301 является его

Таблица 1. Аппаратный состав гетерогенного вычислителя обработки видео на базе VIM301

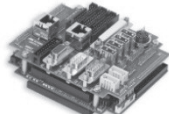


Наименование	Описание	Внешний вид	Количество, шт.
KIB386	Модуль интерфейсный		1
CPC306	Модуль центрального процессора		1
VIM301	Модуль графического процессора		1
PS351	Модуль источника питания		1

Таблица 2. Дополнительные аппаратные средства

Наименование	Количество, шт.
Аналоговая камера	4
Compact Flash MIC23009	1
Электролюминесцентный дисплей Planar EL320.240	1
Монитор	1

низкая потребляемая мощность (менее 20 Вт), низкая стоимость и возможность применения в жестких условиях эксплуатации по причине применения компонентов с расширенным рабочим температурным диапазоном. Это позволяет создавать мобильные комплексы видеорегистрации и обработки изображения для транспортного применения.

Однако в процессе исследования возможностей системы обнаружено, что скорость видеозахвата ограничивается скоростью работы VIM301 на шине PCI в режиме Slave и производительностью процессора и при максимальном разрешении 720x576 точек составляет не более 4 кадров в секунду. Данное ограничение возникло из-за ограничения в видеопроцессоре, примененном на модуле VIM301, – неспособности работать в режиме PCI Master и передавать данные пакетами непосредственно в память процессорного модуля, что сильно ограничива-

ет производительность. Скорости 4 кадра в секунду и вычислительных мощностей модуля процессора CPC306 недостаточно для анализа быстро меняющихся изображений (например, анализа движущихся объектов), а достаточно лишь для получения отдельных кадров изображения и их анализа.

В табл. 3 приведены доступные на данный момент аппаратные средства для организации ВГВП (отечественного производства). В табл. 4 приведены доступные на данный момент дополнительные аппаратные средства, применимые для построения ВГВП для решения поставленной задачи.

Выбор конкретной гетерогенной конфигурации обусловлен комплексом исходных технических требований, типом данных и режимов их обработки. На базе ВГВП представляется возможным осуществлять конвейерную обработку данных с применением гетерогенной архитектуры. Идея использования ге-

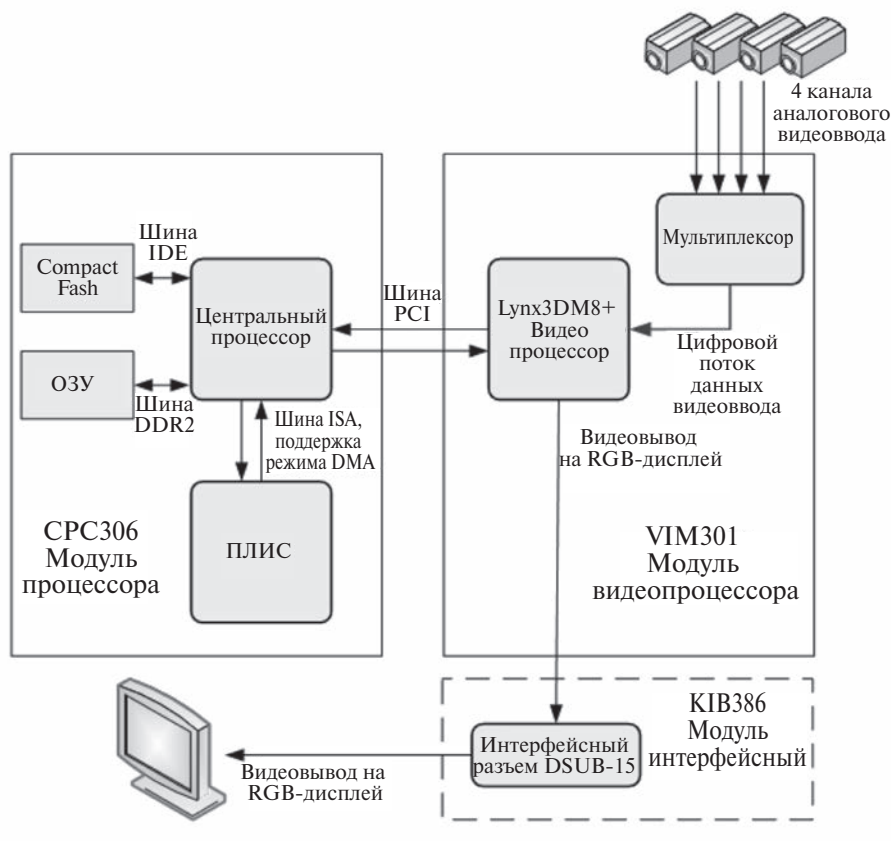


Рисунок 1. Структурная схема гетерогенного вычислителя на базе модуля видеопроцессора VIM301

Таблица 3. Доступные аппаратные средства для организации ВГВП

Наименование	Описание	Внешний вид	Количество, шт.
CPC512	Модуль процессора		1
FPU501	Модуль ПЛИС		1
KIC550	Модуль-носитель HDD		1
PS510	Модуль источника питания		1

терогенных вычислительных конвейеров заключается в том, чтобы на каждом этапе последовательной обработки (участке конвейера) обработчик на базе оптимальной для работы с конкретным типом дан-

ных архитектуры, выполнив свою работу, передавал бы результат для дальнейшей обработки на следующий участок конвейера для обработки вычислителем – обработчиком на базе другой архитектуры, од-

Таблица 4. Дополнительные аппаратные средства

Наименование	Количество, шт.
3G-SDI FMC-модуль (коннектор)	1
3G-SDI камера высокого разрешения	4
SSD-диск, 512GB, SATA 2,5"	1
Монитор, интерфейс DisplayPort	1

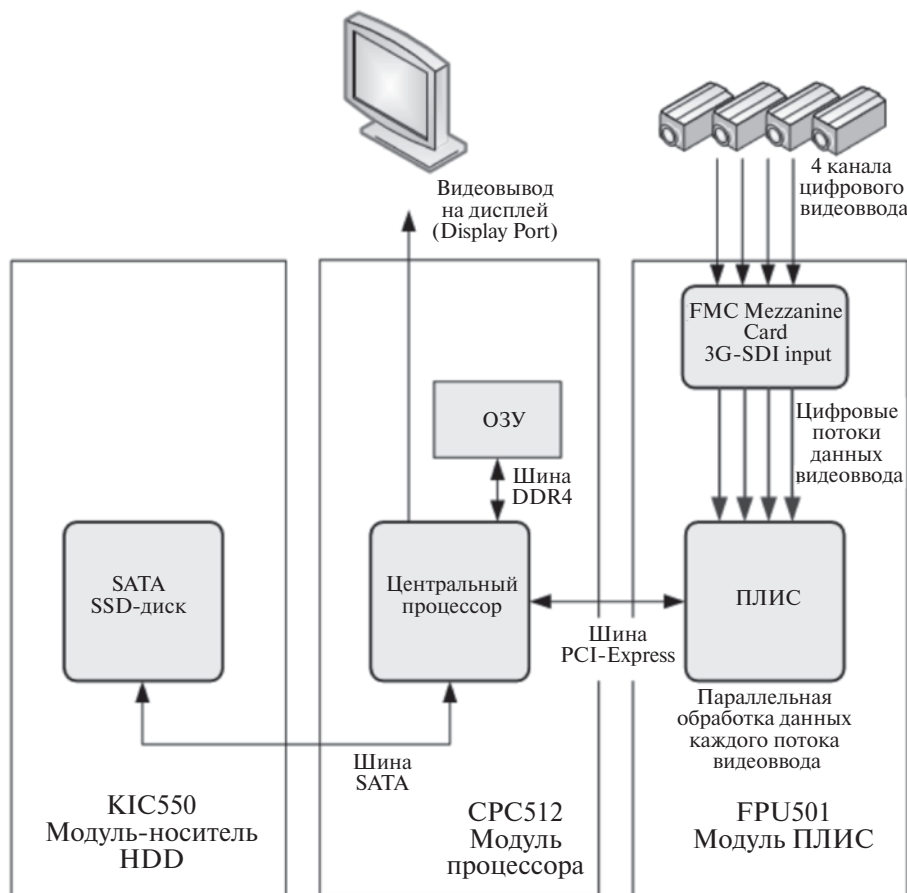


Рисунок 2. Схема параллельно-конвейерной обработки данных на базе ВГВП

новременно принимая новый объем входных данных для следующей итерации цикла конвейерной обработки [3, 4].

Схема параллельно-конвейерной обработки данных на базе ВГВП представлена на рис. 2.

Поскольку ПЛИС позволяет реализовывать любую конфигурацию, то в ней возможна реализация 4 одинаковых блоков обработки данных, где каждый из блоков осуществляет обработку своего потока по одному из каналов цифрового видеоввода, а результаты обработки по каждому из каналов передаются в свою область ОЗУ. Это позволяет существенно снизить нагрузку центрального процес-

сора и видеопроцессора за счет реализации требуемых алгоритмов на ПЛИС.

Механизм параллельно-конвейерной обработки является признанным классическим методом повышения быстродействия систем обработки данных, и если структура данных и алгоритм позволяют распараллеливать задачу, то это почти всегда повышает эффективность такой обработки. Так, гетерогенность, архитектурные решения и программные механизмы взаимодействия модулей различной архитектуры позволяют эффективно применять ВГВП для гетерогенной параллельно-конвейерной обработки данных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галаган П. В., Тумакин Д. А. Высокопроизводительная гетерогенная вычислительная платформа для построения встраиваемых систем // Вопросы радиоэлектроники. 2016. № 10. С. 21–31.
2. Сорокин А. П. Графические средства изделий формата PC/104-Plus // Современные технологии автоматизации. 2010. № 1. С. 8–14.
3. Галаган П. В., Чудинов С. М. Особенности обработки информации в гетерогенной высокопроизводительной вычислительной платформе // Вопросы радиоэлектроники. 2017. № 2. С. 22–29.
4. Sorokin S. A., Chudinov S. M. Electrical and Design Parameters Optimization of Transmission Lines in Computer Systems. Printed Circuit Design and Fab. Circuits Assembly, 2016, vol. 33, iss. 5, pp. 23–25.

## REFERENCES

1. Galagan P. V., Tumakin D. A. High-performance heterogeneous computing platform for building embedded systems. *Voprosy radioelektroniki*, 2016, no. 10, pp. 21–31 (In Russian).
2. Sorokin A. P. Graphical means of PC/104-Plus format products. *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii*, 2010, no. 1, pp. 8–14 (In Russian).
3. Galagan P. V., Chudinov S. M. Features of information processing in a heterogeneous high-performance computing platform. *Voprosy radioelektroniki*, 2017, no. 2, pp. 22–29 (In Russian).
4. Sorokin S. A., Chudinov S. M. Electrical and Design Parameters Optimization of Transmission Lines in Computer Systems. *Printed Circuit Design and Fab. Circuits Assembly*, 2016, vol. 33, iss. 5, pp. 23–25.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Сорокин Алексей Павлович**, аспирант, АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М. А. Карцева», 117437, Москва, ул. Профсоюзная, д. 108, тел.: 8 (925) 193-52-23, e-mail: sorokin.a@fastwel.ru.

**Чудинов Станислав Михайлович**, д. т. н., профессор, научный консультант генерального директора, АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М. А. Карцева».

## AUTHORS

**Sorokin Aleksey**, postgraduate student, M. A. Kartsev Scientific and Research Institute of Computing Systems, 108, Profsoyuznaya ulitsa, 117437, Moscow, Russian Federation, tel.: +7 (925) 193-52-23, e-mail: sorokin.a@fastwel.ru.

**Chudinov Stanislav**, Dr., professor, scientific consultant, M. A. Kartsev Scientific and Research Institute of Computing Systems.