

Бортовая распределенная вычислительная система для обработки гиперспектральных данных

А.А. Белов¹, А.П. Калинин², А.Г. Орлов¹, Е.Ю. Федунин¹

¹ЗАО НТЦ «Реагент»

125190 Москва, ул. Балтийская, 14

E-mail: abelov@reagent-rdc.ru

²Институт проблем механики РАН

E-mail: kalinin@ipmnet.ru

Разработан прототип распределенной бортовой вычислительной системы (БВС) для управления космическим аппаратом и комплексом научной аппаратуры, устойчивой к отдельным сбоям, предназначенной для космического аппарата или авиационного носителя с комплексом дистанционного гиперспектрального мониторинга Земли.

Введение

В настоящее время в связи с развитием сложных гиперспектральных систем возникают новые требования к их электронному обеспечению. Эти требования заключаются в том, что системы должны быть экономичными по энергетике, по размерам и по массе, должны удовлетворять требованиям отказоустойчивости. В совокупности при использовании коммерчески доступной элементной базы система приобретает большую сложность и размер.

Работа посвящена созданию прототипа распределенной бортовой гиперспектральной системы, устойчивой к отдельным сбоям, предназначенной для получения, обработки и научного анализа гиперспектральных данных в реальном времени с их последующим хранением.

Комплекс дистанционного гиперспектрального мониторинга Земли из Космоса и системы технического зрения увеличивает не только количество информации, но и обеспечивает совершенно новый качественный характер получаемой информации [1]. Но возросшее ее количество, необходимость обработки ее на борту выдвигают совершенно новые требования к вычислительным системам.

Бортовой комплекс управления штатными системами и научной аппаратурой должен обладать высокой надежностью и устойчивостью к сбоям, вызванным различными факторами. Для обеспечения таких требований к аппаратной реализации бортовому аппаратному комплексу необходимо использовать различные подходы.

Бортовой гиперспектральный комплекс должен быть реализован как распределенная система многих процессорных модулей, которая позволяет выполнять функции управления, телеметрии и мониторинга, а также прикладные функции, типичные для вычислительной системы управления комплексом научной аппаратуры. Объединение различных вычислительных функций на борту космического аппарата в единую систему с высокой степенью резервирования позволит осуществить тесное взаимодействие между различными процессами и оптимизировать гибкое использование резервированных вычислительных ресурсов для выполнения различных заданий в зависимости от требований к функционированию.

Изделие доведено до реальных прототипов, испытанных в лабораториях и реальных полетах, зарекомендовавших себя как качественное изделие. Данная разработка является основой для разработки малых космических аппаратов и комплексов для авиации. При разработке использовались современные схмотехнические решения и элементная база, с учетом эксплуатации в жестких условиях.

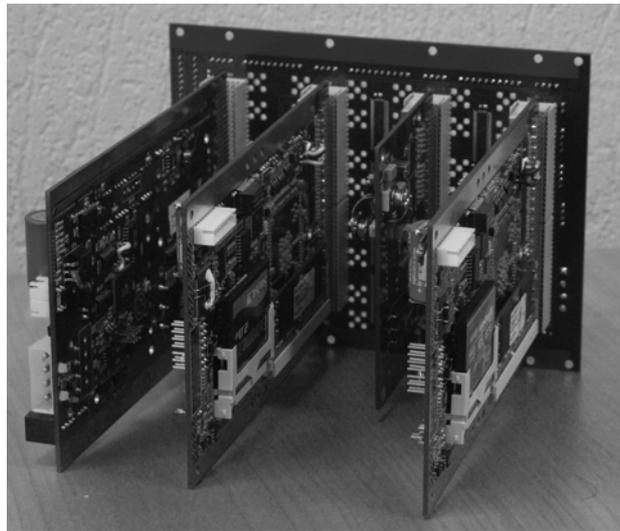


Рис. 1. Общий вид комплекса вычислительной аппаратуры

Вычислительный модуль

Основой вычислительной системы является вычислительный модуль П-В-1. В отличие от большинства готовых вычислительных модулей, предлагаемых иностранными фирмами-производителями, П-В-1 является наиболее универсальным. На П-В-1 имеется два вычислительных ядра: ЦСП ф. Texas Instruments и ПЛИС ф. XILINX. Совместное использование ЦСП и ПЛИС дает возможность создавать аппаратную платформу независимо от типа задачи, которую будет выполнять модуль. К примеру, в системе может присутствовать несколько однотипных модулей П-В-1, применяемых для решения разных задач (первичная обработка, сжатие гиперспектральных данных, запись данных на магнитный носитель, взаимодействие с модулем цифрового съема видеоданных, взаимодействием с модулем сопряжения фотоприемных устройств и др). В основу концепции модуля заложен так называемый принцип масштабируемости (рис. X), в соответствии с которым плата может работать как в режиме вычислителя, так и в режиме коммутатора. Во втором случае плата обеспечивает взаимодействие нескольких прочих вычислителей через высокоскоростной интерфейс связи Rocket I/O. Коммутатор используется в случае, если для реализации вычислительного алгоритма не достаточно одного модуля П-В-1. Использование нескольких вычислителей целесообразно также использовать для повышения надежности [2, 3].

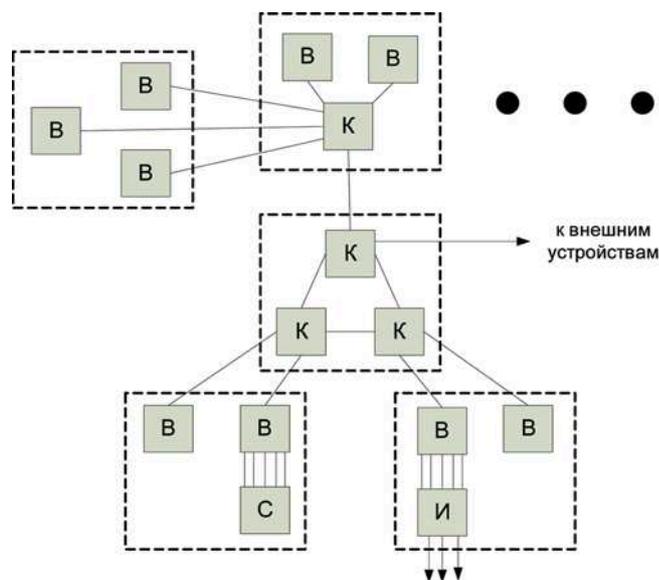


Рис. 2. Пример системы с несколькими вычислителями

Структурная схема платы П-В-1 в режиме вычислителя приведена на рис. 3. Плата разработана в стандарте CompactPCI. Помимо упомянутых FPGA и DSP на плате имеются разъем для установки оперативной памяти SO DIMM, интерфейсы Ethernet 10/100, RS485, RS232, микроконтроллер ATmega128 в роли супервизора питания.

Структурная схема платы в режиме коммутатора приведена на рис. 4.

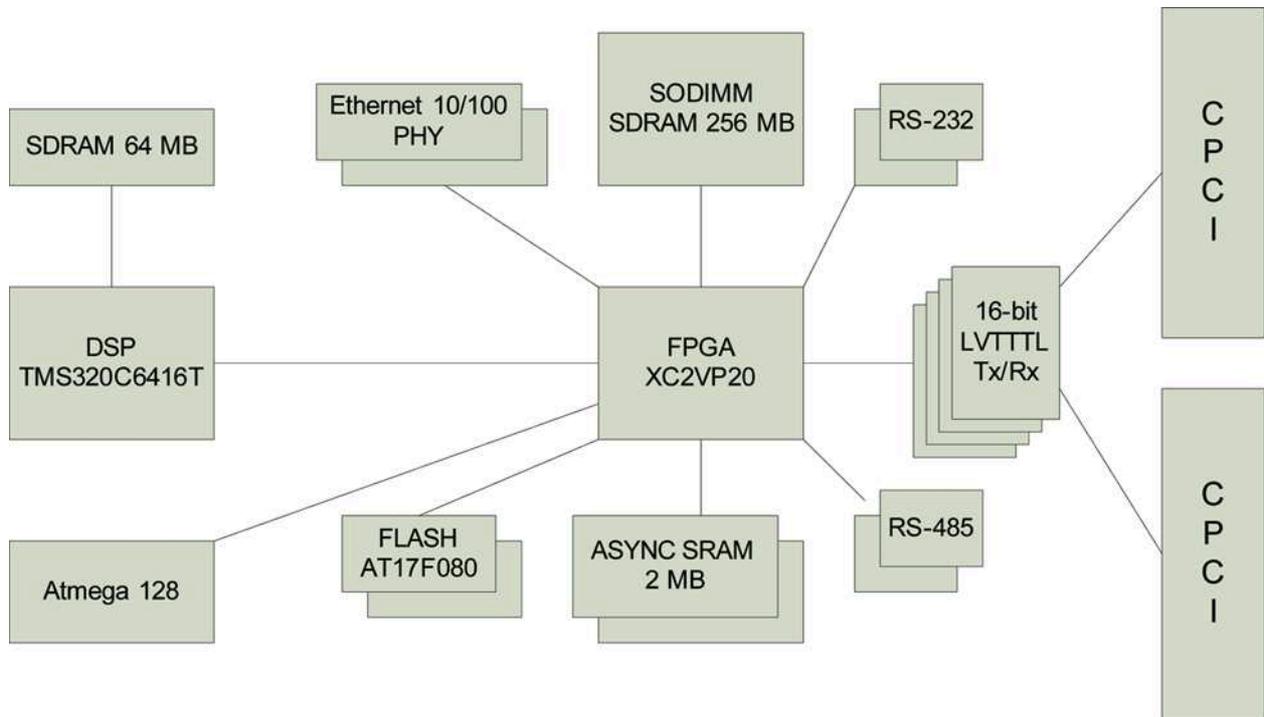


Рис. 3. Схема вычислительной платы

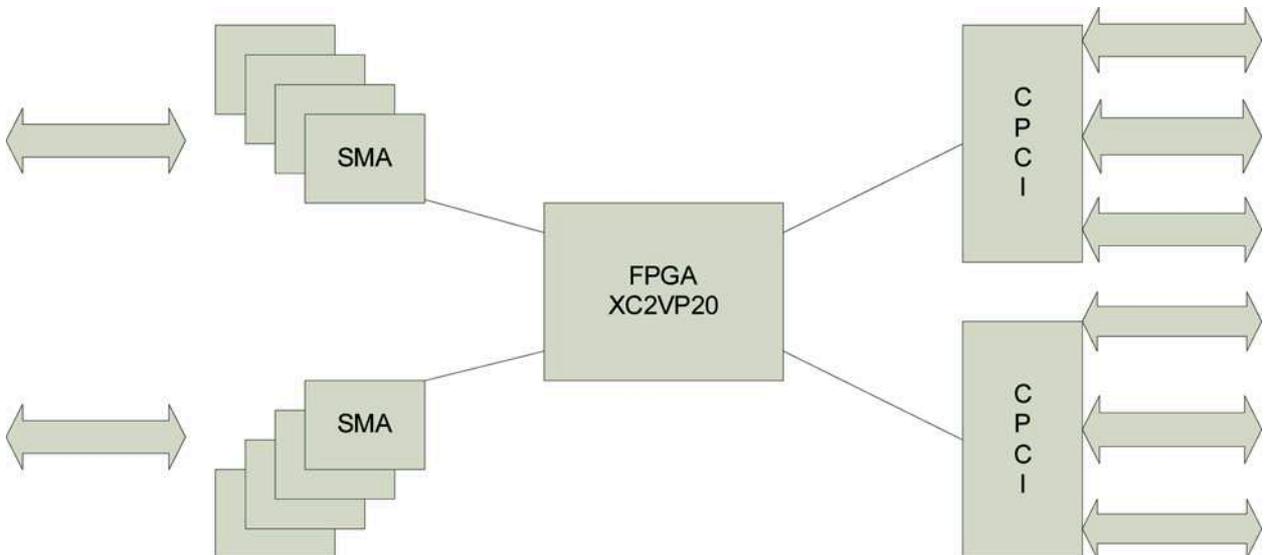


Рис. 4. Схема вычислительной платы в режиме коммутатора

Таблица 1. Основные параметры вычислительной платы П-В-1

Название параметра	Ед. изм.	Значение
Тактовая частота ЦПС	МГц	600 – 1000
Тактовая частота процессора ПЛИС	МГц	266
Тактовая частота системной шины ПЛИС	МГц	66
Разрядность, бит	Бит	32

Объединительная плата

Объединительная плата предназначена для обеспечения информационной связи между стандартными модулями, а также для распределения питания и для механического объединения модулей. На плате имеется 4 слота: для установки одной платы источника питания, а также вычислительной платы, коммуникационной платы, стыковочной платы, платы АЦП и других стандартных модулей (соответственно, не более 3-х). На плате также размещены многоуровневые ключи для того, чтобы обеспечить возможность управлять потоком данных.

Типовая схема использования объединительной платы приведена на рис. 5.

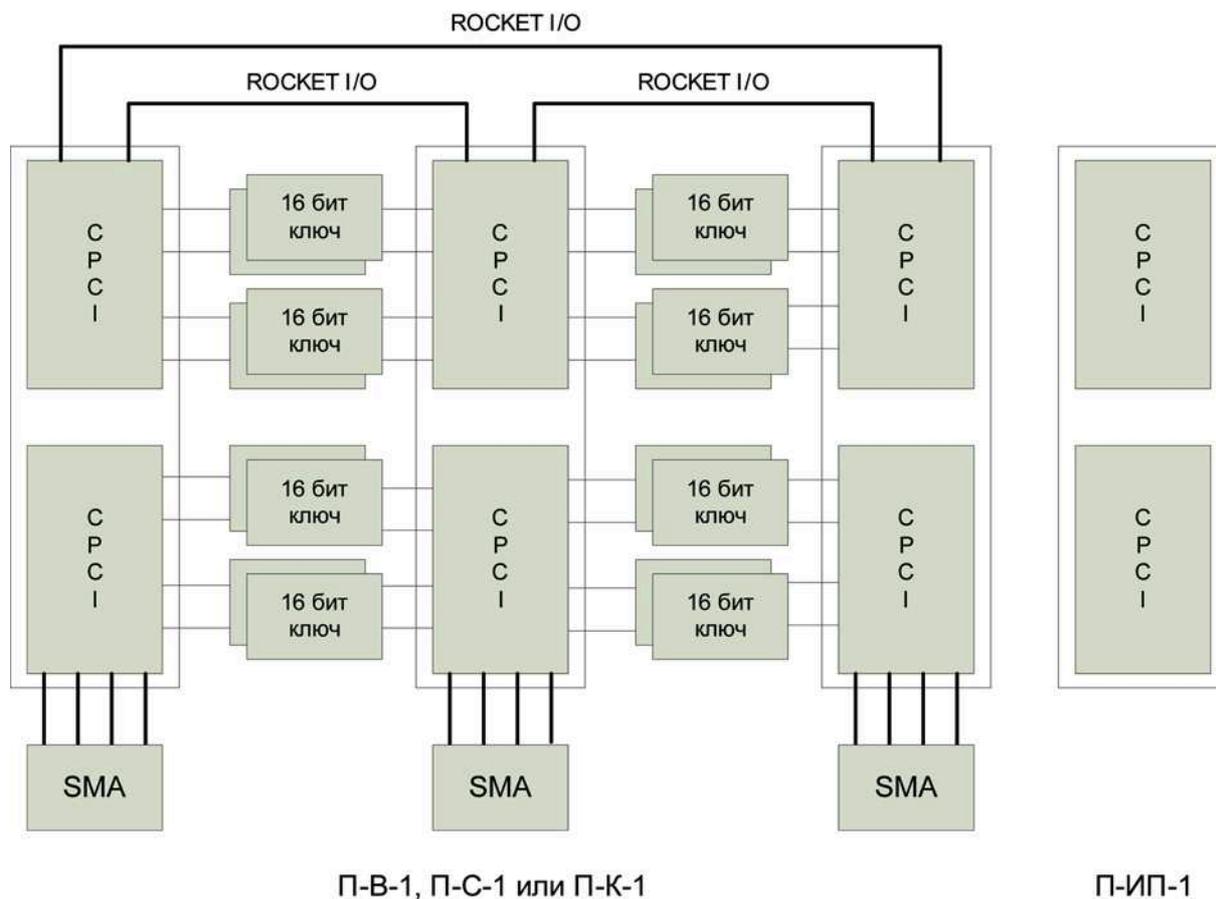


Рис. 5. Структурная схема объединительной платы

Стандартные модули системы

Стыковочный модуль П-С-1. В большинстве случаев при построении гиперспектральных систем в комплексе присутствует одна или несколько стандартных видеокамер (или камер на основе активно-пиксельных матриц), магнитные носители, системы стабилизации при движении, сканирующие устройства и другие периферийные устройства. При модернизации системы возникает необходимость замены периферийных устройств на более производительные. Для того, чтобы обновление отдельных узлов комплекса не влекло за собой переработку вычислительной системы, разработан специальный стыковочный модуль П-С-1. На плате стыковочного модуля присутствуют стандартные разъемы для подключения внешних периферийных устройств.

Коммуникационный модуль П-К-1. Устанавливается в гиперспектральный комплекс в случаях, когда есть необходимость подключения системы к борту по протоколам ARINC-429 и MIL-STD-1553.

Надежность системы питания

В большинстве приборов, на которые возложены ответственные задачи, вопросу надежности системы питания должно уделяться особое внимание, т.к. отказ в этой системе приводит к полной неработоспособности. На рис. 6 приведена схема резервирования питания.

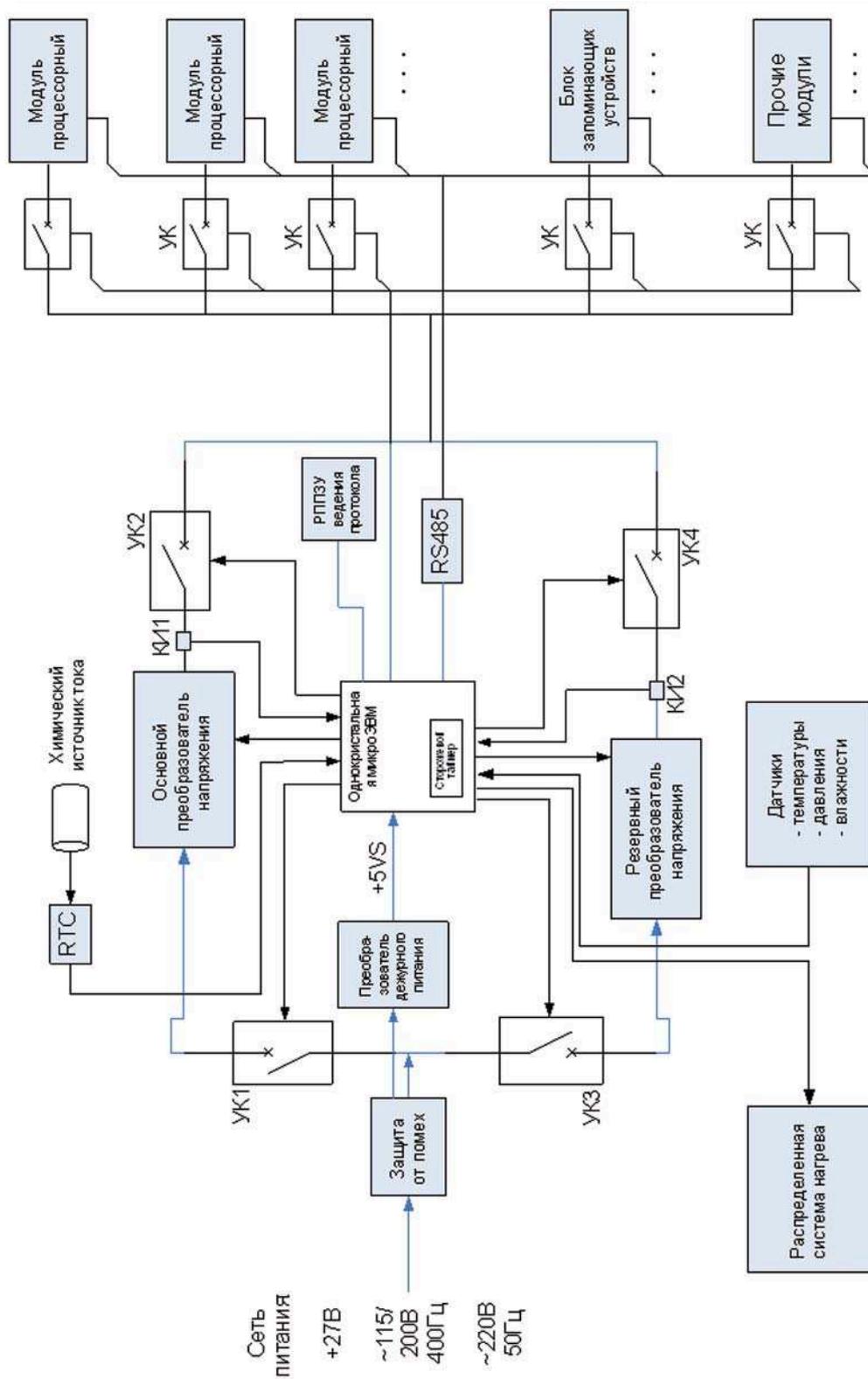


Рис. 6. Схема резервирования питания

Основным элементом, определяющим надежность блока, является преобразователь напряжения. Для увеличения надежности комплекса на плате устанавливается два преобразователя напряжения: основной и резервный. Система работает по принципу холодного резервирования.

Решение о переводе системы с основного питания на резервное принимается на основе данных, принимаемых от контрольных измерителей КИ1 и КИ2. Контрольные измерители осуществляют измерение напряжения и тока в соответствующих линиях питания.

Показания контрольных измерителей могут свидетельствовать как о неисправности соответствующих им преобразователей, так и о неисправности нагрузки. Неисправность нагрузки может быть идентифицирована по увеличению потребляемого тока, и как следствие, по «просадке» напряжения. В этом случае однокристалльная микроЭВМ принимает решение об отключении нагрузки во избежание ее дальнейшего выхода из строя.

В состав платы также входят также сторожевой таймер, датчик климат-контроля, часы реального времени, микросхема памяти для записи событий при эксплуатации. Предусмотрен промышленный интерфейс RS-485.

Литература

1. Белов А.А., Воронцов Д.В., Дубровицкий и др. Малый космический аппарат «Астрогон-Вулкан» гиперспектрального мониторинга высокого разрешения. М.: Институт проблем механики РАН, 2003. Пр-726. 34 с.

2. Белов А.А., Воронцов Д.В., Зубков Б.В. и др. Прототип распределенной бортовой вычислительной системы. М.: ИКИ РАН, 2003. Пр-2097. 26 с.

3. Белов А.А., Воронцов Д.В., Зубков Б.В. и др. Программное обеспечение прототипа распределенной бортовой вычислительной системы. М.: ИКИ РАН, 2003. Пр-2093. 26 с.