

УДК 681.3:629.7

ПОСТРОЕНИЕ БОРТОВЫХ СИСТЕМ СБОРА ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕЖПЛАТНЫХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ

*А.А. Коновалов, И.В. Чулков, М.В. Бунтов, Д.Г. Тимонин,
К.В. Ануфрейчик, А.В. Никифоров*

Институт космических исследований РАН, Москва

В последнее время, в связи с увеличением стоимости вывода малых и средних космических аппаратов (КА) с комплексом научной аппаратуры (КНА) на борту, на платформу устанавливается одновременно много приборов совершенно различного назначения. Для того чтобы передать на Землю данные со всех приборов, такие аппараты, помимо служебных систем ориентации (СО) и электропитания (СЭП), комплектуются блоком управления и сбора научной информации. Причем надежность этого блока должна быть намного выше, чем у любого из научных приборов, так как от его работы вместе со служебными системами зависит успех всей миссии. Основное назначение этого блока — сбор информации со всех датчиков и от всей научной аппаратуры комплекса, выдача функциональных команд, подготовка и выдача данных в радиоканал.

В процессе работы над одним из таких блоков — системой сбора и регистрации научной информации (ССРНИ) — была предложена модульная структура системы. Особенность этой структуры заключается в выделении функционально отдельных модулей в качестве узлов, собранных на отдельной печатной плате. На рис. 1 представлена структурная схема системы. Для повышения надежности используется двукратное резервирование узлов. Было принято решение объединить основной и резервный узлы в отдельно коммутируемый модуль. Благодаря тому, что все соединения между модулями реализованы с помощью разъемов, без применения жгутов и кабелей, удалось существенно облегчить процедуру сборки, повысить надежность коммутации путем многократного резервирования каждой линии, а также уменьшить массогабаритные показатели всей системы.

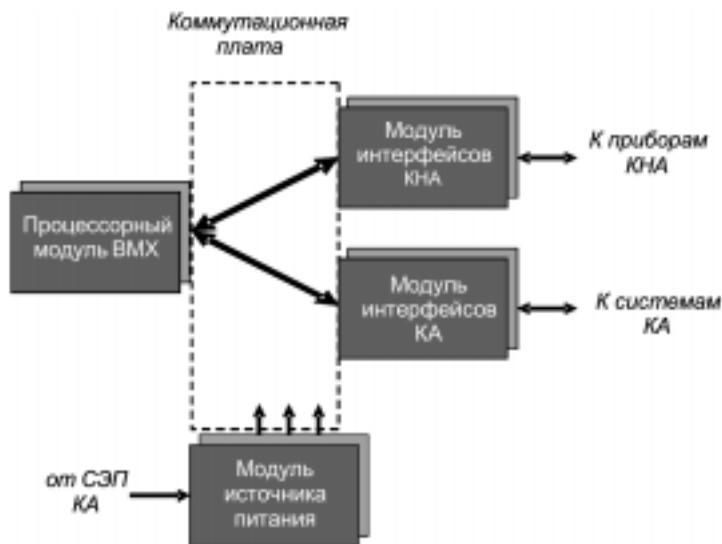


Рис. 1. Функциональная схема системы сбора данных

Все модули соединяются между собой через специальную коммутационную плату, к которой также идут все линии от внешних разъемов с передней панели. С введением в конструкцию жесткого соединения через разъемы потребовалось разработать надежную механическую конструкцию, гарантирующую качественное электрическое соединение каждой линии межплатных связей.

Одновременно с обеспечением жесткости необходимо было с минимальными затратами построить систему терморегулирования для отвода тепла от горячих компонентов на плате. Разрабатываемая конструкция должна была обеспечивать требуемый тепловой режим без учета конвективного теплообмена. На рис. 2 показан состав одного типового модуля. Идентичные печатные платы, соединенные между собой, — это внешние слои составного модуля. Жесткость соединения обеспечивает алюминиевая рамка. Тонкие алюминиевые пластины, плотно (через электроизоляционный материал) прилегающие к платам снизу, являются элементом теплоотводящего тракта. Тепло по ним от нижней, свободной от компонентов, поверхности платы отводится к рамке и затем по стойкам — на элементы конструкции.

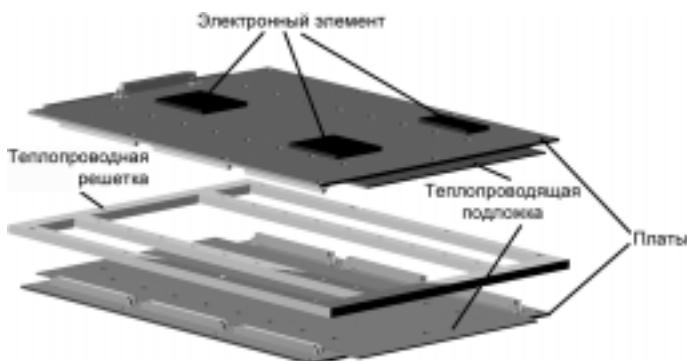


Рис. 2. Состав модуля

Узким местом в такой организации теплоотвода является пространство между компонентом и алюминиевой пластиной. В качестве тепловой преграды здесь выступает печатная плата и прокладка из лакоткани. Многие элементы с большим точечным тепловыделением, такие как ПЛИС или микропроцессор, имеют с нижней и с верхней стороны площадку теплосъема. Было принято решение расположить внутри печатной платы своеобразный теплопровод от верхней стороны платы к нижней. На рис. 3 изображен разрез платы в месте установки компонента, требующего такого теплопровода. Суммарная площадь сечения такого искусственного оловянного включения в плату может составлять от 28 до 40 мм² и определяется конструктивом печатной платы в целом и тепловыделением электронного компонента.

Таким образом, используя многослойную сложную конструкцию узла, удалось одновременно решить задачи крепления, коммутации и теплоотвода.

Одним из важнейших нововведений при разработке многоплатного блока было применение дополнительной коммутационной платы взамен громоздкой кабельной сети. Связь между вычислительным узлом и интерфейсным осуществляется только с помощью разъемов и платы, а жгуты используются лишь для подключения внешних разъемов РС и МР1. Причем конструкция корпуса спроектирована таким образом, чтобы можно было демонтировать алюминиевые стенки, не нарушая при этом

электрических соединений. Это позволяет отлаживать электронику отдельно от громоздких элементов конструкции и при необходимости можно легко перепроектировать переднюю панель с разъемами под требования заказчика.

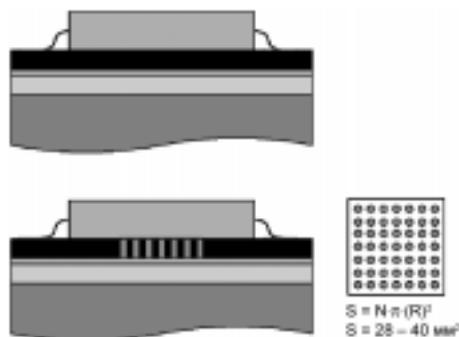


Рис. 3. Разрез участка теплоотвода от компонента

Первоначально предполагалось расположить на этой же плате и источник вторичного электропитания, однако по ряду причин, таких как универсальность на уровне узлов, надежность и технологичность производства, было принято решение реализовать их на отдельных печатных платах. Сами источники крепятся теплоотводящей стороной к средней алюминиевой рамке. Рядом с ними также укреплен один из термодатчиков для контроля за температурой посадочного места источников.

В соответствии с функциональной схемой (см. рис. 1) блок состоит из процессорного модуля, интерфейсного модуля, коммутационной платы и источника питания. Первый и второй модули состоят из двух одинаковых узлов, совмещенных между собой специальным образом. Для большей универсальности создаваемых узлов предусмотрено их соединение с поворотом вокруг продольной оси на 180° . При этом, независимо от расположения платы в модуле — сверху (основная) или снизу (резервная), исполнение узла (монтаж компонентов на печатную плату) не меняется. В любой момент основная и резервная платы могут поменяться местами простым переворотом модуля на коммутационной плате. В получившемся «слоеном пироге» верхние две платы являются процессорными, затем идет коммутационная, и

снизу — две интерфейсные платы. Сбоку на уровне коммутационной платы (на средней плите) расположен источник питания.

Благодаря описанному выше приему, блок состоит из пяти плат средней сложности (рис. 4).

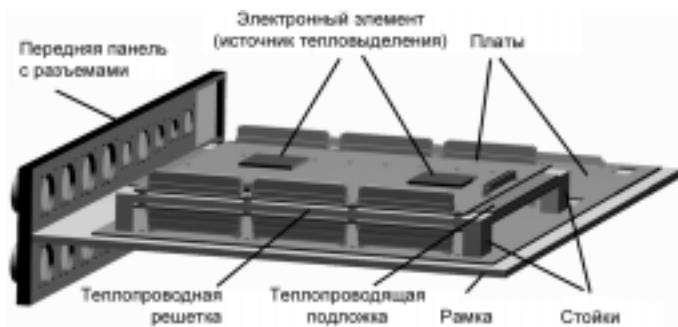


Рис. 4. Вариант установки плат в блоке

В итоге сборка блока представляет собой последовательно совершаемые операции по увеличению слоев «пирога». Причем допускается установить только переднюю и заднюю стенки корпуса, что облегчает процесс отладки как блока в целом, так и отдельных узлов. В качестве оснастки для отладки были разработаны два переходника: первый служит для подключения программатора ПЛИС, эмулятора и для контроля отдельных сигналов; второй предназначен для замены резервного модуля при работе основного вместе с коммутационной платой.

Основным достоинством представленной структуры является возможность ее использования в различных внешних условиях. Как показали расчеты тепловых режимов этой конструкции, она позволяет поддерживать комфортные тепловые условия для электронных компонентов в условиях потребления до 20 Вт мощности в целом и до 2 Вт точечного теплового выделения в месте реализации оловянного теплопровода. Внешними условиями для блока могут быть как чернота космического пространства, так и наполненное газом помещение гермоотсека с принудительной конвекцией.

Одним из достоинств также является простота модификации в сторону как увеличения функциональных узлов, так и сокращения. При этом габариты меняются прямо пропорционально

наполнению, что позволяет на самом раннем этапе оценить массогабаритные показатели требуемой конструкции.

Основным достоинством представленной структуры является высокая надежность электрических соединений между узлами. Особенно это важно для высокоскоростных цифровых интерфейсов. Многократное резервирование в сочетании с несложными печатными платами дает необходимый выигрыш без применения более сложных приемов повышения надежности.

Недостатком предложенной конструкции блока является присутствие некоторого количества жгутов для подключения разъемов передней панели, и это единственное узкое место в разработанной структуре.

Описанная выше модульная структура построения бортовых систем сбора информации позволяет применять ее в различного рода задачах. Все параметры системы сбора, такие как быстродействие вычислительной машины, количество и разрядность интерфейсов, их тип и прочее, могут варьироваться в различных пределах. Система функционирует также при различных внешних климатических условиях.