

УДК 004.414

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ КЛАССА CUBESAT

Осинцев А. В.

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

С каждым годом количество малых космических аппаратов (МКА), выводимых различными странами на околоземную орбиту, неуклонно растет [1 – 3]. Вместе с тем не уменьшается число аварийных ситуаций, сбоев либо вовсе потеря связи с ними после запуска. Об этом свидетельствует, например, статистика по российским МКА за период с 2000 по 2013 год (рис. 1).

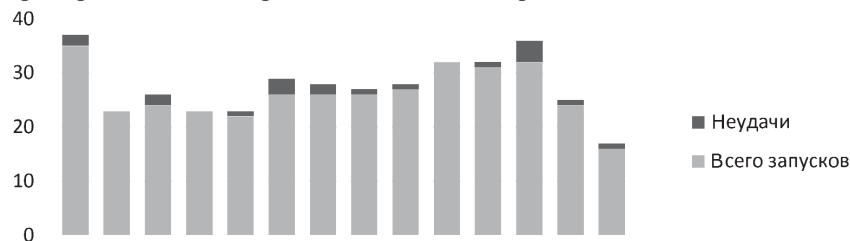


Рис. 1. Отношение неудачных запусков МКА к их общему количеству

Причиной такого положения служит множество факторов. Основные из них – миниатюризация радиоэлектронных средств и возросшая вычислительная мощность микроконтроллеров, микропроцессоров и систем на кристалле, которые в большей степени восприимчивы к электромагнитному и радиационному излучению в космической среде.

МКА представляет собой сложный аппаратно-программный комплекс, для обеспечения корректной работы которого необходима, в частности, служба диагностики. В случае возникновения какой-либо неисправности такая служба должна локализовать место возникновения сбоя и предотвратить критическую ситуацию либо своевременно отреагировать соответствующим образом. Это позволит избежать ошибок и выявить нарушения в работе МКА на стадии тестирования, подтверждая высокую надежность и предсказуемость разработанного продукта.

Таким образом, необходимо разработать специализированные алгоритмы тестирования аппаратно-программного комплекса с целью внедрения централизованной системы мониторинга и диагностики его функционирования для контроля периферийных устройств, проверки их исправности, что позволит, в частности, объединить тесты отдельных узлов МКА класса CubeSat.

В задачи службы диагностики входят опрос состояния устройств, принятие решений в случае возникновения сбоя, формирование логического файла, передача сообщений в прикладную программу на персональный компьютер (ПК), изменение конфигураций тестов и параметров периферийных устройств (граничные уровни датчиков напряжения, тока и т. д.). Служба диагностики принимает команды от службы мониторинга (рис. 2) и контролирует выполняемые процессы. Таким образом, обеспечиваются высокий уровень покрытия тестов и возможность комплексного анализа состояния МКА, что позволит локализовать место сбоя, а в лучшем случае и исправить его.

При модульном подходе система представляется как набор функционально законченных блоков (модулей). Для каждого модуля разрабатывается тест, из которых затем формируется комплексный тест МКА, задача которого состоит в организации связей между отдельными тестами. Такой подход позволяет проверить корректность взаимодействия группы модулей.

Процедура тестового контроля может проходить различными методами с использованием «черного», «белого» или «серого ящика». В качестве «черного ящика» с множеством входов и выходов может рассматриваться как вся система МКА, так и входящая в ее состав модульная часть. Корректность его функционирования устанавливается путем подачи входных сигналов и наблюдения ответных выходных сигналов системы. В тех случаях, когда сигналы от «черного ящика» отличаются от предполагаемых результатов, это свидетельствует о наличии ошибки. Ошибка вызывается неисправностью в аппаратной либо в программной части МКА.

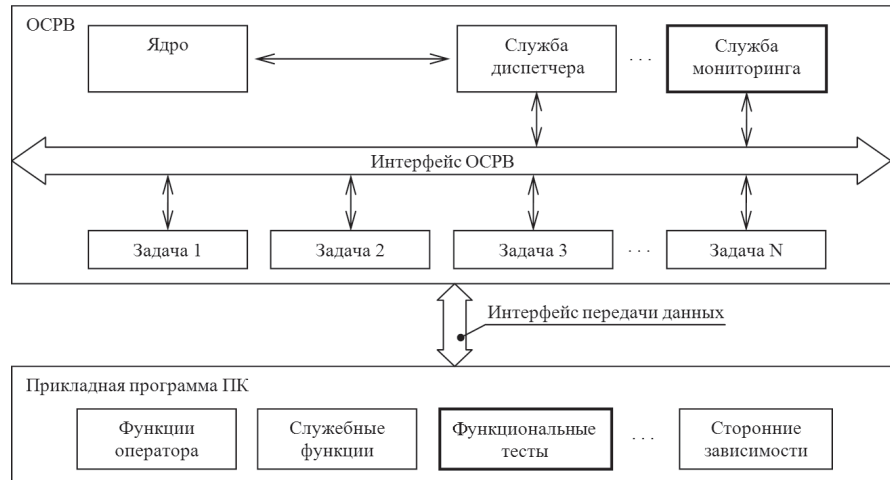


Рис. 2. Служба мониторинга МКА в составе операционной системы реального времени (ОСРВ)

Таким образом действует система диагностики для МКА класса CubeSat. В частности, разработана служба мониторинга, функционирующая в составе ОСРВ, которая является главным инструментом контроля состояния модулей в составе МКА и основной задачей которой является анализ его работы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по проекту RFMEFI57417X0172.

### Литература

1. Bouwmeester J., Guo J. Survey of worldwide pico- and nanosatellite missions, distributions and subsystem technology // Acta Astronautica. 2010. Vol. 67, Iss. 7-8. P. 854 – 862.
2. Selva D., Krejci D. A survey and assessment of the capabilities of Cubesats for Earth observation // Acta Astronautica. 2012. Vol. 74. P. 50 – 68.
3. Osman D. A. M., Mohamed S. W. A. Hardware and software design of Onboard Computer of ISRASAT1 CubeSat // IEEE. Inter. Conf. on Communication, Control, Computing and Electronics Engineering (ICCCCEE 2017). 2017. P. 1 – 4.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СВЕРХБОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ В БОРТОВОЙ АППАРАТУРЕ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Осинцев А. В.

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

При проектировании большинства малых космических аппаратов применяется электронная компонентная база (ЭКБ) зарубежного производства. На сегодняшний день более 90 % всех встроенных 32-разрядных процессоров разработаны по лицензии британской корпорации Advanced RISC Machines (ARM). Она занимается разработкой архитектуры ядра по трем основным направлениям. Так, ядро Cortex A предназначено для высокопроизводительного класса устройств (смартфоны, планшеты, мультимедийные устройства и т. д.), Cortex M – для микроконтроллеров и недорогих встраиваемых устройств с частотой до 144 МГц, а Cortex R – для приложений, работающих в реальном времени. Низкая цена, наличие большого количества технической документации способствовали внедрению зарубежной ЭКБ для малых космических аппаратов на протяжении долгого времени.

Однако за последние 10 лет российские производители микроэлектроники наладили собственное производство сверхбольших интегральных схем (СБИС) широкого применения, по характеристикам не уступающих зарубежным аналогам [1]. Положительным стимулирующим фактором в этом является действующая федеральная программа импортозамещения, обязывающая производителей радиоэлектронной аппаратуры использовать отечественную ЭКБ с целью снижения зависимости от компонентов зарубежного производства [2].

Исходя из сказанного, проанализируем возможность применения отечественных СБИС в бортовой аппаратуре малых космических аппаратов.

В России производством СБИС, отвечающих требованиям авиационно-космического назначения, занимаются АО «ПКК «Миландр» и АО «НПЦ «ЭЛВИС». СБИС серии 1986Вех (АО «ПКК «Миландр») способны работать в диапазоне температур от минус 60 до +125 °С. В основу данной серии заложено ядро Cortex M. В дополнение к стандартным периферийным блокам разработаны программно-аппаратные средства, повышающие помехоустойчивость СБИС.

Необходимо выделить группу 32-разрядных СБИС авиационного применения с реализацией авиационных интерфейсов ARINC 429 (ГОСТ 18977–79) и МКПД, MIL STD 1553 (ГОСТ P52070-2003). Таким образом, по характеристикам отечественные СБИС не уступают зарубежным аналогам, а по надежности и вовсе превосходят.