

**Система функционального контроля бортовой аппаратуры  
малых космических аппаратов**

С.А. Подшивалов, А.С. Злобин

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Разрабатываемая бортовая аппаратура для космических аппаратов проходит ряд предполетных испытаний, и тестирование аппаратуры является ответственной и трудоемкой задачей. Поэтому при разработке бортовой аппаратуры (БА), как правило, параллельно ведется разработка специализированного стенда для будущей отладки и тестирования разрабатываемой БА.

Важную роль в тестировании БА занимает функциональный контроль, который также задействован в процессах верификации БА, ее систем и программного обеспечения [1]. Более того, применение функционального контроля в процессе прочих предполетных испытаний позволяет получить более достоверную информацию и точнее предсказать поведение БА на орбите. Основными испытаниями бортовой электронной аппаратуры космического применения являются:

- термоциклические испытания
- вакуумные либо теромовакуумные испытания
- радиационные испытания
- испытания на вибростенде

Совмещение каждого из первых трех типов испытаний с непрерывным функциональным тестированием БА как раз позволяет в полной мере симулировать орбитальные условия. Таким образом, при разработке системы функционального контроля (СФК) для БА следует обращать внимание на возможность совмещения с другими типами испытаний. Отсюда вытекает важное требование, предъявляемое к СФК — портативность и удобство использования.

Для нужд тестирования и проведения функционального контроля бортового вычислителя, созданного в МФТИ в рамках НИР, перед нами стояла задача разработать специализированную СФК. При этом упор ставился на уменьшение ее масса-габаритных характеристик. Помимо этого, стояла задача универсализации СФК, т.е. возможность ее использование для тестирования другой бортовой аппаратуры с незначительными изменениями в аппаратной части.

Результатами работы стала СФК, представляющая собой программно-аппаратный комплекс. Аппаратная составляющая представляет собой одноплатный компьютер, построенный на базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС). Такое решение позволило в полной мере справиться с поставленными требованиями по

универсальности и адаптивности системы. Разработанная СФК предназначена и используется для решения следующих задач:

- проверка токов потребления
- контроль допустимого диапазона напряжений питания
- проверка работоспособности коммуникационных интерфейсов
- проверка наличия сигналов синхронизации

Ниже приведены краткие характеристики разработанной системы функционального контроля:

- Напряжение питания: от 5В до 26В
- Диапазон выходного напряжения для тестируемого образца: от 2.5В до 25В
- Максимальный выходной ток: 4А
- Поддержка интерфейсов
  - SpaceWire
  - CAN 2шт
  - RS-485 2шт
  - RS-422
  - SPI 3шт
  - Ethernet
  - 1-Wire 2шт
- 14 свободных портов ввода-вывода для масштабирования и адаптации СФК

В ходе проведенных исследований были определены некоторые недостатки существующих методов[2] решения данной задачи и были сформулированы пути их устранения. В результате, после выполнения этапов проектирования и разработки появилась новая система для проведения функционального контроля и испытаний бортовой аппаратуры, обладающая целым рядом достоинств и позволяющая оперативно и качественно выполнять возложенную на себя задачу, при этом не требующая больших временных затрат и финансов. Созданная СФК может быть переделана под задачи тестирования других устройств путем изменения ПО, построенной в ПЛИС системы на кристалле, а также путем внесения изменений в аппаратную часть. При этом время для получения новой готовой СФК, с учетом производственного процесса, потребует не более, чем время на сборку и настройку, готового представленного на рынке решения. Именно в этом свойстве заключена суть «универсальности» разработанной СФК.

Литература:

[1] *Prof. Dr.-Ing. Jens Eickhoff*. Onboard Computers, Onboard Software and Satellite Operations – An Introduction. Institute of Space Systems (IRS), University of Stuttgart, Germany. Изд-во Springer, 2011.

[2] *С.Н.Зайченко*. Опыт разработки контрольно-измерительных систем на базе российских модульных приборов в открытых стандартах vxi, lxi, axie для обеспечения стендовых испытаний и функционального контроля узлов и агрегатов авиационной и ракетной техники. – Авиакосмическое приборостроение, 2015 г. № 2.