

УДК 004

Реализация подсистемы радиопередачи данных низкобюджетной платформы сверхмалого космического аппарата

10, сентябрь 2012

Дмитриев А.С.

*Научный руководитель: д.т.н., профессор, академик МАЭН Школьников В.М.
НИИСМ, Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru

Введение

Существует ряд краткосрочных космических экспериментов (длительностью до нескольких дней) проводимых на сверхмалых космических аппаратах, например эксперименты по раскрытию солнечных парусов и тросовых систем. Существующие решения космической техники имеют чрезмерный ресурс для выполнения поставленных задач. Учёт особенностей проведения краткосрочного космического эксперимента позволяет упростить бортовую радиоэлектронную аппаратуру космического аппарата, снизить её стоимость и массово-габаритные характеристики. В результате использования этого подхода была создана специализированная платформа сверхмалого космического аппарата. Данное устройство обеспечивает следующие функции: управление полезной нагрузкой, системой электропитания, терморегулирования, сбор телеметрической информации, контроль за исполнением команд управления, определение ориентации космического аппарата в пространстве. Платформа снабжена различными распространёнными интерфейсами, такими как UART, SPI, I2C, 1-wire для дальнейшего увеличения её функциональных возможностей. Центральной частью платформы является 8-битный RISC микроконтроллер, со встроенным аналогово-цифровым преобразователем. Платформа имеет в своём составе радиоприёмное/радиопередающее устройство диапазона УВЧ. Габариты устройства: 40x52x16 мм (без элементов питания). В конструкции используются электронные компоненты общепромышленного применения с рыночной стоимостью не более 150\$. Для обеспечения передачи информации о ходе орбитального эксперимента, показаний датчиков, состоянии бортовых систем и полезной нагрузки на наземные специализированные пункты приема информации и радиолобительские приемные станции предусмотрена подсистема радиопередачи данных.

1. Компонентный состав подсистемы передачи данных

Исходя из принципа минимизации массы и габаритов системы были выбраны конструктивные элементы с высокой степенью интеграции узлов, минимумом элементов «обвязки». Выбор был сделан в пользу функционально законченных устройств. На рис. 1 показан принцип подключения радиомодуля HM-TRP433 к цифровому последовательному порту типа UART/USART 8-битного RISC микроконтроллера. На выходе модуля частотно-модулированный радиосигнал частотой 433.92 МГц мощностью 100 мВт. Выходной сигнал поступает на вход функционально законченного

The diagram shows the electrical connection between the MCU and the HM-TRP module. The MCU's VCC, RX, TX, GPIO1, and GPIO2 pins are connected to the corresponding pins on the HM-TRP module. The HM-TRP module also has a GND pin, a DTX pin, a DRX pin, a CONFIG pin, an ENABLE pin, and a TEST pin. An antenna (ANT) is connected to the HM-TRP module.

Передающие антенны могут быть выполнены из упругих материалов и размещены в компактных контейнерах. В простейшем случае, представляют собой полоски из токопроводящего материала длиной 35 см. (рис. 3).

2. Подсистема радиопередачи данных низкобюджетной платформы сверхмалого космического аппарата

Рассмотрим пример орбитального технологического эксперимента по разворачиванию 2-лопастного тонкопленочного солнечного паруса. После старта космического аппарата из транспортно-пускового контейнера, через расчетный интервал времени управляющий микроконтроллер подает команду соответствующим исполнительным элементам на раскрытие антенн и проведение эксперимента в соответствии с заложенной программой. Действие подсистемы радиопередачи данных состоит в следующем: после активации датчиков и накопления в буфере встроенной памяти управляющего микроконтроллера данных о ходе эксперимента, состоянии микроклимата внутри герметичного газонаполненного контейнера, работоспособности основных систем и исполнительных элементов, микроконтроллер начинает периодически формировать пакеты телеметрических кадров, отправлять их в буфер последовательного порта UART/USART и включать радиочастотный усилитель ra07h4047. Через последовательный порт данные попадают в буфер модуля-радиопередатчика НМ-TRP433, который формирует последовательности частотно-модулированных радиосигналов. Эти сигналы, усиленные до 7 Вт в модуле ra07h4047 поступают на передающие антенны.

3. Практическая реализация

Разработана печатная плата-прототип платформы пикоспутника для проведения орбитальных технологических экспериментов. На рис. 4 показано расположение микроконтроллера, модуля-радиопередатчика и радиочастотного усилителя.

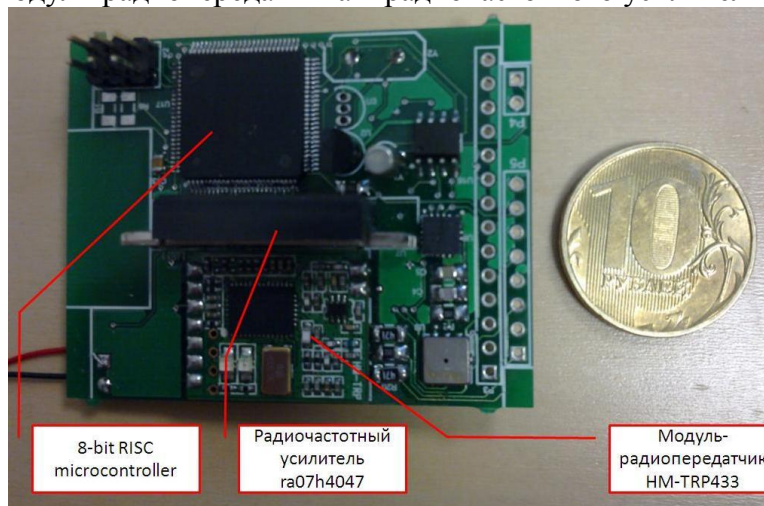


Рис. 4 - Изготовленная печатная плата платформы пикоспутника, прошедшая вибрационные и термовакуумные испытания

В сборе с газонаполненным герметичным контейнером и полезной нагрузкой устройство прошло термовакуумные испытания и виброиспытания на воздействие факторов сопровождающих запуск космического аппарата и его орбитальный полёт. По результатам испытаний, в течении всего времени расчетного активного существования сверхмалого космического аппарата система сохраняла работоспособность. Данное устройство планируется использовать для космического эксперимента, разработанного студентами МГТУ им. Н.Э. Баумана, по разворачиванию двухлопастного солнечного паруса.

Литература

1. Дмитриев А.С. Разработка бортового передающего комплекса пикоспутника с солнечным парусом. Сборник тезисов «Студенческая весна», 2010 г.

2. Дмитриев А.С. Разработка системы, обеспечивающей определение координат пикоспутника с солнечным парусом и управление технологическим экспериментом. Сборник тезисов «Студенческая весна», 2011 г.
3. Сборник: Научные и технологические эксперименты на автоматических космических аппаратах и малых спутниках: Тезисы докладов второй международной конференции «Научные и технологические эксперименты на автоматических космических аппаратах и малых спутниках». Самара, 27-30 июня 2011 г. – Самара, Изд-во СНЦ РАН, 2011. - 402 с.
4. Д.А. Рачкин, С.М. Тененбаум, Н.А. Неровный, А.С. Дмитриев, О.С. Коцур, IAC-11.E2.3.8
2-BLADES DEPLOYING BY CENTRIFUGAL FORCE SOLAR SAIL EXPERIMENT
Сборник тезисов международной конференции IAC 2011.
5. Д.А. Рачкин, С.М. Тененбаум, Н.А. Неровный, А.С. Дмитриев, О.С. Коцур, А.А. Марченко, А.С. Попов, В.И. Майорова. Технологический эксперимент по разворачиванию двухлопастной бескаркасной тонкопленочной конструкции с использованием сверхмалых космических аппаратов, Сборник тезисов международной конференции SPEXP2011, 2011 г
6. [http://www.hoperf.com/upload/rf_app/HM-TRP.pdf электронный ресурс]
7. [<http://www.ic2ic.com/search.jsp?sSearchWord=RA07H4047.pdf> электронный ресурс]