

УДК 004.42

БОРТОВОЙ КОМПЬЮТЕР НА БАЗЕ ОС ANDROID ДЛЯ НАНОСПУТНИКА

Давыдов А. С., Кудрявцев И. А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Изготовление и запуск малых и сверхмалых космических аппаратов в последнее десятилетие стали достаточно распространенными явлениями благодаря достижениям микроэлектроники, информатики, массовому производству и доступности элементов космических систем. В настоящее время существуют несколько ведущих фирм-производителей, предлагающих как отдельное оборудование для сверхмалых спутников формата CubeSat, так и готовые решения для бортовых систем и спутника в целом. Базовая платформа формата CubeSat для сверхмалых спутников в зависимости от типа исполнения предлагается по следующим ценам: при разработке самостоятельно – €50 тыс; интегрированный модуль и программное обеспечение (ПО) – €75 тыс; законченное решение модуля – €150 тыс. Кроме того, существует ряд ограничений при продаже оборудования, которые накладывает Госдепартамент США. Покупка готового решения или интегрированного модуля с ПО – это приобретение «чёрного ящика» с ограниченными возможностями. Поэтому среди разработчиков сверхмалых космических аппаратов стала обычной практикой проектировать модули на основе покупных коммерческих элементов.

Одним из главных преимуществ наноспутника является низкая стоимость проектирования его подсистем. В частности, снижения стоимости проектирования бортового компьютера можно добиться использованием стандартной элементной базы и операционной системы с открытым исходным кодом.

Одним из решений такого типа является операционная система Android, изначально разработанная для смартфонов и планшетных ПК. Открытый доступ к ядру операционной системы – это один из факторов, который способствует развитию программного обеспечения. Хотя платформа Android и предназначена для разработки под мобильные устройства, она обладает качествами полноценной операционной системы для локального компьютера, будь то одноплатный компьютер или бортовой компьютер наноспутника.

Спутник состоит из многих подсистем, каждая из которых выполняет свою собственную специализированную задачу. Первичная функция бортового компьютера – это облегчить связь между этими различными подсистемами. Подсистемы обычно физически помещаются в различные модули и должны быть связаны надёжной шиной данных, но поскольку в наноспутнике пространство часто является ограничивающим фактором, то некоторые из подсистем объединены непосредственно в бортовой компьютер. В этом случае связи программного обеспечения между подсистемами заменяют физические связи, но подсистемы всё ещё обязаны независимо функционировать друг от друга.

Чтобы удовлетворить этому требованию, необходим мощный микропроцессор, способный к управлению несколькими процессами одновременно. Процессы должны быть максимально изолированы друг от друга так, чтобы одна подсистема, давшая сбой, не вызвала критическую ошибку других подсистем.

Функции основных подсистем наноспутника заключаются в следующем.

1) *Подсистема полезной нагрузки*

а) Включение полезной нагрузки, когда спутник входит в зону видимости наземной станции, и её выключение, когда спутник выходит из неё.

б) Получение данных от полезной нагрузки, используя интерфейс RS232, и хранение их в бортовой памяти наноспутника.

в) Обработка и передача данных на Землю через подсистему передачи данных. Дистанционное (с наземной станции) обновление содержимого бортовой памяти наноспутника.

2) *Коммуникационная подсистема*

а) Включение передатчика, когда спутник входит в зону видимости, и выключение, когда спутник перемещается из неё.

б) Поддержка приёмопередатчика в режиме приёма, когда происходит приём команд с наземной станции.

в) Отправка и получение команд между наземной станцией и бортовым компьютером через коммуникационную подсистему.

3) *Система ориентации и стабилизации*

а) Выработка отношения рассогласования текущей ориентации наноспутника с требуемой.

б) Отфильтрованный сигнал рассогласования подаётся на магнитные катушки для стабилизации наноспутника.

4) *Подсистема подачи электроэнергии*

а) Ток, напряжение и расход энергии каждой подсистемы известны и контролируются электронной системой управления питанием.

б) Поддержание состояния наноспутника в режиме сна или режиме питания в зависимости от уровня мощности батарей.

в) Управление электронной системой питания с бортового компьютера.

Из-за физически небольшого размера наноспутника (10 см × 10 см × 10 см) многие из задач, которые обычно выполняются другими подсистемами, должны быть обработаны бортовым компьютером. У этих подсистем наиболее вероятно есть свои собственные аппаратные средства (например, система ориентации), но основная обработка будет сделана в бортовом компьютере.

Основные требования к выбору аппаратных средств бортового компьютера наноспутника сформулируем следующим образом.

1) Низкий расход энергии.

Необходимо выбирать компоненты, которые используются в различных переносных устройствах с батарейным питанием.

2) Компоненты с низким питающим напряжением.

Чтобы понизить расход энергии, необходимо выбирать компоненты с низким питающим напряжением 3,3 В против традиционных 5 В компонентов.

3) Доступность компонентов.

Компоненты, используемые в бортовом компьютере, должны быть коммерчески доступными в течение, по крайней мере, следующих трёх лет.

Не каждое новшество можно запустить в открытый космос. К тому же там особенно актуальна проблема энергопотребления, а чем выше быстродействие, тем больше мощности нужно процессору.

Из-за доказанной надёжности и многофункциональности выберем процессор с ядром ARM7, давно зарекомендовавший себя в космосе. При обзоре нескольких вариантов процессоров с ядром ARM был выбран процессор AT91SAM7A2, наиболее подходящий по требованиям, указанным выше. Данный процессор характеризуется высокопроизводительной 32-разрядной RISC-архитектурой и очень малым энергопотреблением. Кроме того, связанность многочисленных внутренних регистров в

банки в результате позволяет ускорить обработку информации, что делает применение данного процессора идеальным в задачах управления в реальном масштабе времени. AT91SAM7A2 позволяет непосредственно подключиться к внешней памяти, в том числе флэш-память через программируемый интерфейс внешней шины.

В общем, бортовой компьютер должен выполнять следующие задачи:

- обеспечивать информационный обмен между периферийными устройствами по низкоскоростной коммуникационной шине;
- обеспечивать передачу данных к полезной нагрузке по высокоскоростному коммуникационному интерфейсу;
- обеспечивать выполнение общих задач обслуживания;
- обеспечивать возможность выполнения пользовательских процессов (вычисление ускорения, углов поворота и т.д.).

К бортовому компьютеру предъявляются следующие технические требования:

1. Бортовой компьютер должен быть устойчив к сбоям и должен работать в случае единичного аппаратного сбоя без последствий для функциональных возможностей спутника. В случае возникновения второго аппаратного сбоя бортовой компьютер должен иметь возможность выполнять как минимум наиболее критичные для миссии операции.

2. Интерфейсы всех систем с бортовым компьютером должны быть дублированы. Единичный аппаратный сбой в информационном интерфейсе системы не должен привести к сбою в управлении этой системой от бортового компьютера.

3. Бортовой компьютер должен обладать памятью большой ёмкости, способной хранить бортовое ПО, специальные данные, а также данные телеметрии на период, пока КА находится вне зоны видимости наземных станций управления аппаратом.

4. Бортовой компьютер должен иметь возможность лёгкой адаптации для разных миссий КА без полной переработки аппаратной и программной части.

5. Бортовой компьютер должен быть компактным и потреблять минимум мощности.

6. Бортовой компьютер должен иметь возможность программного переконфигурирования в полёте.

В качестве программного обеспечения бортового компьютера было создано Android-приложение для получения, накопления и отправки на ПК информации с датчиков КА. Приложением задействовались акселерометр и магнитный компас (вычисляет угол поворота системы координат КА (связанной с устройством) относительно глобальной системы координат (связанной с Землёй)).

Приложение позволяет определять ориентацию КА в пространстве, его ускорение и записывать все полученные данные в *.csv файл на SD карту, затем отправляя их на выделенный сервер. Для *.csv файла на SD карте необходимо около 100 КБ свободного места. Далее полученные данные можно обработать: определить перемещение, скорость и углы поворота КА.