

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Инженерно-конструкторское направление.
Аэрокосмический профиль.

Задача 2: Модуль управления бортовой системой питания

В рамках задания требуется разработать независимый модуль спутника форм фактора cubesat. Для выбранного модуля требуется реализовать весь его необходимый функционал, а также корпус cubesat 1u и систему крепления разрабатываемого модуля в нем.

1. Условия задачи

Реализовать модуль управления бортовой системой питания спутника для сбора, хранения и передачи данных о состоянии системы питания, отслеживания воздействия ионизирующего излучения (защита от тиристорного эффекта), обеспечивать передачу на землю посредством радиоканала информации о питании и получение управляющей информации для системы питания, разработать схему автоматического подключения резервного источника питания. Модуль должен формировать бортовое питание спутника напряжением 5 В, током не более 1 А.

При получении управляющего радиосигнала устройство должно исполнять алгоритм состоящий из следующих этапов:

1. Включение и инициализация систем;
2. Начало прослушивания радиоканала;
3. Прием и расшифровка входящих сообщений;
4. При получении сообщения управления со станции:
 - a. Переход в режим вещания сообщений;
 - b. После установки режима питания в соответствии с управляющей командой:
 - i. Изменение режима питания;
 - ii. Отправка сообщения на станцию об установившихся параметрах системы питания;
5. Возврат к пункту 2.

За время установки режима питания в соответствии с управляющей командой:

1. Протоколирование результатов опроса датчиков тока и напряжения, отвечающих за контроль режимов системы питания;
2. Время выхода схемы питания на рабочий режим;
3. Протоколирование ошибок выполнения команды;
4. Формирование пакета данных, с результатами выполнения управляющей команды.

Проверка работоспособности будет производиться с применением магазина сопротивлений или имитатора нагрузки.

Отправляемые сообщения кодируются по определённым правилам и подвергаются помехоустойчивому кодированию, перед отправкой на станцию

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Инженерно-конструкторское направление.
Аэрокосмический профиль.

приема. Вышеперечисленные требования к сообщению, а также пример станции приема, на основе радиомодуля nrf24 приведены в приложении 1. Описанная станция будет предоставлена участникам на очной защите, однако, если для выполнения кейса участниками используется иной модуль им также потребуется реализовать и собственную станцию приема для демонстрации на защите.

<https://forum.arduino.cc/t/simple-nrf24l01-2-4ghz-transceiver-demo/405123/3>

Радиоэлектронная аппаратура, эксплуатируемая в условиях космического пространства подвержена воздействию космической радиации. Одним из эффектов, к которым приводит попадание заряженных частиц внутрь интегральных схем, является тиристорный эффект, который проявляется в виде увеличения протекания тока через схему. Его воздействие можно остановить при помощи отключения питания от пораженной микросхемы на некоторое время. Модуль должен отслеживать ток, потребляемый радиоэлектронными элементами спутника. Ток срабатывания защиты должен составлять 900 мА, время срабатывания, не более 30 с, время восстановления не более 2 минут. Демонстрация работы схемы защиты осуществляется подключением нагрузки, имитирующей протекание сквозного тока через сопротивление не более 5,5 Ом.

В схеме необходимо предусмотреть резервирование питания от Ni-MH аккумулятора ёмкостью до 1000 мАч, при этом схема должна оставаться работоспособной от резервного источника питания, при токе нагрузки до 500 мА на протяжении не менее 5 минут.

Схема должны выполнять оценку параметров питания и заряда резервных аккумуляторов и при их низком заряде переводить спутник в следующие режимы низкого потребления на время, задаваемое командным путем: отключать нагрузку, отключать систему связи, отключать все ключевые потребители электроэнергии.

2. Общие требования.

Отличительной чертой спутникаи формата CubeSat являются направляющие рельсы, предназначенной для помещения спутника в пусковой контейнер. Внутреннее содержимое спутника поддается интерпретации, но размеры и рельсы остаются неизменными. Корпус cubesat должен быть реализован с соблюдением замечаний, указанных на чертеже (Рисунок 1):

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Инженерно-конструкторское направление.
Аэрокосмический профиль.

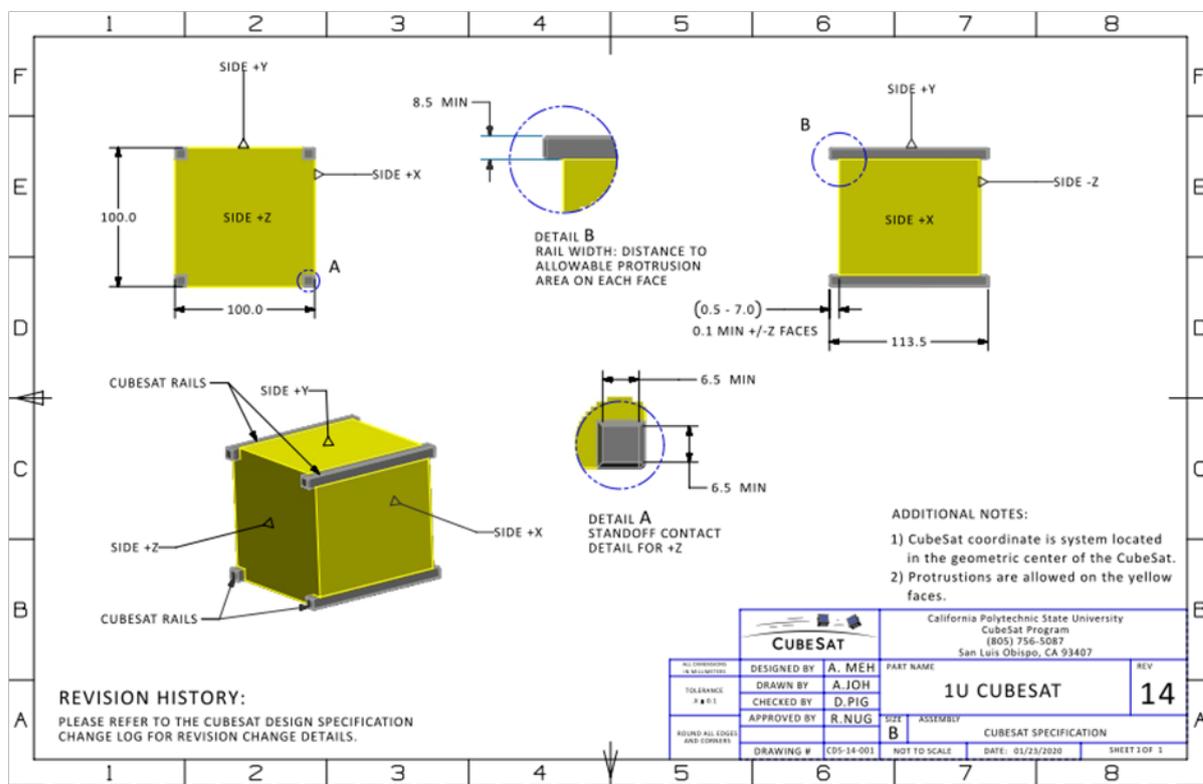


Рисунок 1 - Чертеж спутника формфактора CubeSat 1U

В дополнение к чертежу, при проектировании устройства необходимо соблюдать следующие требования:

- Никакие компоненты на сторонах, заштрихованных желтым цветом, не должны выступать дальше, чем на 6,5 мм по нормали к поверхности от плоскости рельса.
- Рельсы должны иметь минимальную ширину 8,5 мм, измеренную от края рельса до первого выступа на каждой грани.
- Края реек должны быть закруглены до радиуса не менее 1 мм.
Концы направляющих на стороне +/- Z должны иметь минимальную площадь контакта 6,5 мм x 6,5 мм с соседними направляющими CubeSat.
- Необходимо предоставить трёхмерные модели:
 - Корпус модуля приёмника, осуществляющий жёсткое крепление всех элементов модуля (контроллера, приёмника, макетных/паечных плат и т. д.);
 - Корпус спутника CubeSat формфактора 1U;
 - Итогового устройства в сборке.

Допускаются конструкторские расхождения в трёхмерной модели и физической реализации. Созданная модель должна удовлетворять требованиям функционирования итогового устройства;

- Необходимо представить программный код для разработанного устройства (формат .txt, .py, .c, .cpp, .h, .hpp, .cxx, .cc, .hxx или иного

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Инженерно-конструкторское направление.
Аэрокосмический профиль.

расширения, в названии файла должен быть указан язык программирования) для каждого этапа;

- Необходимо предоставить схемы деления комплекса с отражением структур систем (спутник и станция)

- Необходимо предоставить электрические схемы для каждого из этапов.

3. Регламент испытания при демонстрации жюри:

- Демонстрация продукта без включения;
- Демонстрация включения продукта;
- Демонстрация алгоритма работы согласно заданию.

4. Форма представления результатов:

- Программный код в виде текстового файла (формат .txt, .py, .c, .cpp, .h, .hpp, .sxx, .ss, .hxx или иного расширения, в названии файла должен быть указан язык программирования));
- Трёхмерная модель конструкции в формате .stl;
- Электрическая схема в формате скриншота или .pdf;
- Демонстрация работы продукта в виде одной или нескольких видеозаписей, наглядно показывающих продукт и его поведение в условиях, описанных в регламенте испытаний;
- Отчёт, содержащий следующие пункты:
 1. Титульный лист с ФИО участников, наименованием кейса.
 2. Цель, задачи.
 3. Этапы проекта.
 4. Инструменты и методы, обоснование выбранных аппаратных средств, описание их применения (E1, ЭЗ, 3D, ...) и программирования (код).
 5. Полученные результаты, выводы, выявленные нерешенные проблемы и описания их возможных решений.

5. Примерный перечень материалов для выполнения задания:

Микроконтроллеры (Arduino, Raspberry и пр.), радиомодуль ардуино, батарейный блок, солнечные батареи, датчик температуры, схемы преобразователей напряжений.

6. Примерный перечень программного обеспечения для выполнения задания:

Blender, tinkercad.com для 3d-моделирования;
tinkercad.com, fritzing для моделирования электрических схем (tinkercad.com может быть использован для написания программного кода для Arduino);

PyCharm Edu, Arduino IDE, STM32CubeIDE, Notepad++- как среда программирования.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Инженерно-конструкторское направление.
Аэрокосмический профиль.

**7. Ссылки на рекомендуемые методические материалы для
восполнения необходимых навыков:**

- Адамов Ю.Ф. Проектирование систем на печатных платах на САПР Mentor Graphics : [В 5-ти ч.] : Учеб. пособие. Ч. 1 : Современные проблемы проектирования и технологии микроэлектронных систем / М-во образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, МГИЭТ(ТУ); Под ред. С.П. Тимошенко. - М. : МИЭТ, 2008. - 352 с.
- Брайан У. Керниган, Роб Пайк. Практика программирования. Вильямс, 2021. — 288 с.
- Брайан Керниган, Деннис Ритчи. Язык программирования С. Вильямс, 2019. — 288 с.
- Работа с датчиками. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://zelectro.cc/>
- Учебник по работе с устройствами. [Электронный ресурс] Режим доступа: [Учебник по работе с устройствами](#)
- Учебник: Электроника. В.А. Петин. [Электронный ресурс] Режим доступа: [Электроника. В.А. Петин](#)
- Уроки по работе с ардуино. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://lesson.iarduino.ru/>
- Уроки по работе с датчиками. [Электронный ресурс] Режим доступа: [Ардуино. Датчики и сети для связи устройств.](#)
- Проектная работа по разработке системы. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://arduino-diy.com/>
- Путеводитель по Ардуино. [Электронный ресурс] Режим доступа: [Радио-ежегодник. Путеводитель по Ардуино.](#)
- Электронные ресурсы 1. ИТЦ «СКАНЭКС» [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.scanex.ru/>
- ООО «Спутникс» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://orbicraft.sputnix.ru/doku.php>
- Книга о преобразователях DC/DC от RECOM [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.electronshik.ru/news/show/11312>
- Транзисторная преобразовательная техника / В.И. Мелешин. - М. : Техносфера, 2005. - 632 с.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Инженерно-конструкторское направление.
Аэрокосмический профиль.

- Полупроводниковые преобразователи энергии : Учеб. пособие / Б.Г. Будагян, А.А. Шерченков, М.Н. Мейтин. - М. : МИЭТ, 2000. - 68 с.
- Электропитание устройств и систем телекоммуникаций : Учеб. пособие / В.М. Бушуев, В.А. Деминский, Л.Ф. Захаров [и др.]. - М. : Горячая линия-Телеком, 2011. - 384 с.

Приложение 1.

Передаваемые данные отправляются в формате массива символов длиной в 16 элемента. Передаваемые параметры в массив записываются подряд, при этом перед значением параметра ставится символ, определяющий тип параметра: 'i', 'r', 'p'.

После буквы i в массив записывается 6 символов, соответствующие 6 разрядному числу, определяющему необходимость измерения: напряжения солнечной батареи, напряжения резервной батареи, напряжения бортовой сети, тока полезной нагрузки, тока потребления общего, температуры.

После буквы r в массив записывается 1 символ, соответствующий режиму работы системы резервирования питания.

После буквы p в массив записывается 6 символов, 3 первых из которых соответствуют целому числу секунд между включением полезной нагрузки, 3 оставшиеся, целому числу секунд, на которое полезная нагрузка должна быть включена .

Все незначащие элементы массив в конце данных заполняются нулями.

Пример сообщения:

Тип	Измерения						Тип	Д/Н	Тип	Повтор через			Время работы		
i	0	1	1	0	1	1	r	1	p	0	1	0	0	7	0

Для приема сообщений с устройства участника реализована приемная станция, использующая следующий программный код, реализованный с

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Инженерно-конструкторское направление.
Аэрокосмический профиль.**

применением библиотеки rf24 1.4.6 (<https://nrf24.github.io/RF24/>), доступна к скачиванию через менеджер библиотек Arduino IDE).