

Модуль автоматической идентификационной системы мониторинга летательных аппаратов (ADS-B)

1. Формулировка задачи

В современном мире космических технологий малые искусственные спутники становятся все более популярными благодаря их экономичности и функциональности. Одним из наиболее известных форматов таких спутников является кубсат, который имеет стандартные габариты 10×10×10 см и массу не более 1,33 кг. Детальную спецификацию этого формата можно найти на сайте <https://dernasherbrezon.com/posts/cubespec/>.

Применение космических аппаратов в мониторинге местоположения летательных аппаратов является инновационным решением. В сравнении с наземными станциями космический аппарат может покрыть большую территорию и быстрее передать полученные данные.

Для передачи местоположения, передающая станция на летательном аппарате посылает сообщение о своем местоположении, а также идентификатор судна. Кубсат принимает данное сообщение и передаёт его на наземную станцию.

2. ТЗ и этапы функционирования элементов разрабатываемого комплекса

Необходимо разработать передающую станцию на летательном аппарате, использующую радиомодуль для передачи данных, кубсат, имеющий на борту радиомодуль, датчик температуры и магнитометр, и наземную станцию с радиомодулем. Станция на летательном аппарате каждые 10 секунд посылает сообщение о своём местоположении и свой идентификатор. Сообщения принимает кубсат, который, добавляя к сообщению измерение магнитометра и температуру внутри кубсата, отправляет сообщение на наземную станцию, где данное сообщение выводится в COM-порт или на дисплей. (Пример кода для передатчика на основе NRF24L01 смотрите в Приложение 1.)

Необходимо выбрать три любых сообщения для передачи станцией на летательном аппарате из приложения 1. Не допускается использование своих сообщений.

Состав комплекса изделий, которые необходимо разработать

В рамках задания необходимо реализовать три независимых устройства:

1. передающую станцию, отправляющую координаты и идентификатор, включающий в себя плату с микроконтроллером (исполняющее устройство) и радиомодуль;
2. модуль космического аппарата, представляющий из себя макет кубсата форм-фактора 1U или 2U, состоящий из платы с микроконтроллером (исполняющее устройство), магнитометра, датчика температуры и радиомодуля;
3. модуль наземной станции, включающий в себя плату с

микроконтроллером (исполняющее устройство) и радиомодулем.

Наземная станция должна иметь возможность выводить принимаемые сообщения на компьютер (например, в последовательный порт) или на дисплей. Передача радиосигнала может осуществляться с помощью радиомодуля nrf24, HC-12 или иных. Пример описания nrf24:

<https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/arduino-nrf24l01-podkluchenie/>

Рекомендуемый алгоритм тестирования устройств:

1. Макет кубсата, передающая станция и наземная станция устанавливаются в помещении для тестирования.
 2. Первым включается принимающая станция.
 3. Затем включается макет кубсата и передающая станция.
 4. Демонстрируется передача сообщений со станции на летательном аппарате на наземную станцию через макет кубсата в режиме реального времени.
- 3. Регламент испытания при демонстрации на видео:**
- демонстрация устройств без включения;
 - демонстрация устройств после включения;
 - демонстрация алгоритма работы согласно заданию (см. пункт Рекомендуемый алгоритм тестирования устройств).

4. Материалы и оборудование

Примерный перечень материалов для выполнения задания:

- микроконтроллеры или одноплатные компьютеры (Arduino, Raspberry и пр.);
- радиомодули (например, NRF24L01);
- датчик температуры;
- магнитометр;
- батарейные блоки.

Примерный перечень программного обеспечения для выполнения задания:

- Blender, tinkercad.com, T-flex для 3d-моделирования;
- tinkercad.com, fritzing, EasyEDA для моделирования электрических схем (tinkercad.com может быть использован для написания программного кода для Arduino);
- PyCharm Edu и/или Arduino IDE- как среда программирования.

5. Общие требования к предоставляемому решению задания

Отличительной чертой спутника формата кубсат являются

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

направляющие рельсы, предназначенные для помещения спутника в пусковой контейнер. Внутреннее содержимое спутника поддается интерпретации, но размеры и рельсы остаются неизменными. Корпус кубсат должен быть реализован с соблюдением замечаний, указанных на чертеже (Рисунок 1):

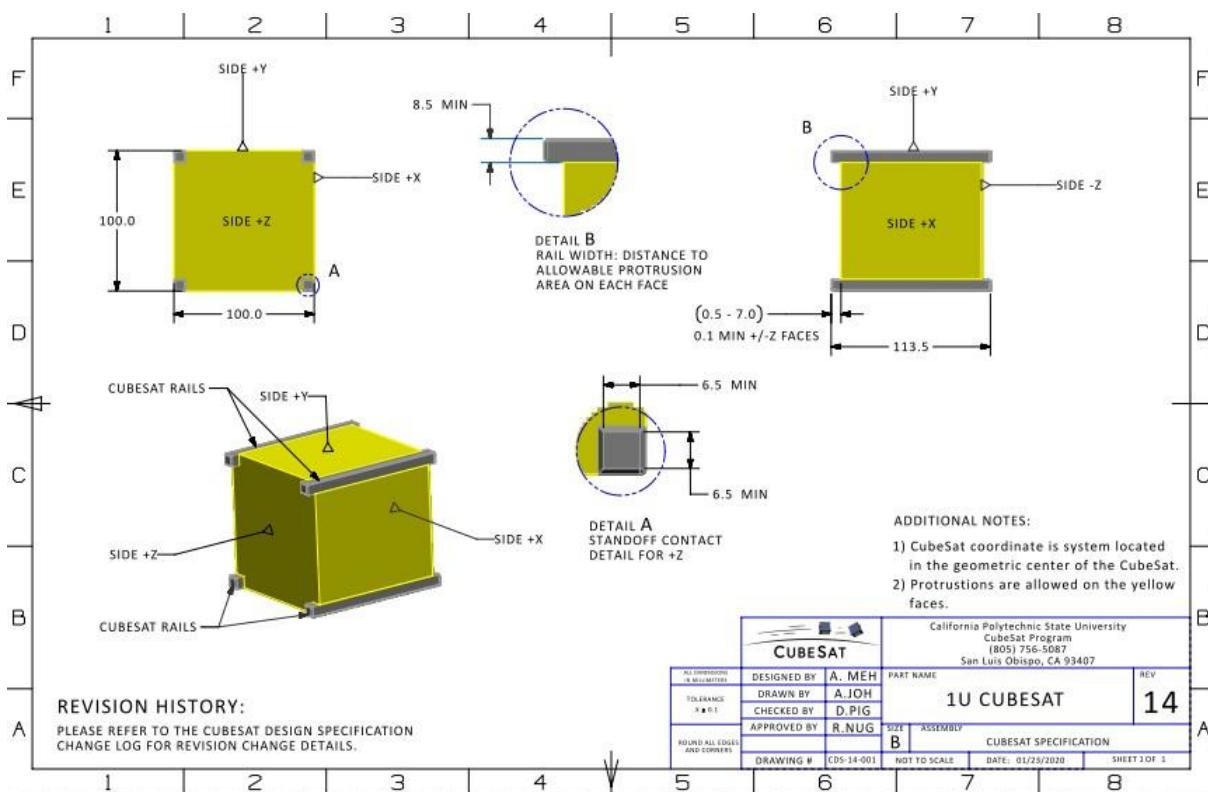


Рисунок 1. Чертеж спутника формфактора Cubesat 1u.

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 кубсатами.

Необходимо предоставить трёхмерные модели корпуса кубсата, а также чертежи каждой детали по отдельности и в сборке (сборочный чертёж).

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

3D-модели должны иметь возможность воспроизведенными с помощью современных аддитивных технологий.

При сборке устройства рекомендуется использовать только многоцветные (разборные) соединения элементов.

Необходимо представить программный код для разработанных устройств:

- кубсата;
- передающей станции летательного аппарата;
- наземной станции.

Формат кода (.txt, .py, .c, .cpp, .h, .hpp, .sxx, .cc, .hxx или иного расширения, в названии файла должен быть указан язык программирования) для каждого этапа алгоритма, где для работы системы необходимо было запрограммировать работу устройств.

Необходимо наличие электрических схем для каждого из устройств.

Форма представления результатов:

- Программный код в виде текстового файла (формат .txt, .py, .c, .cpp, .h, .hpp, .sxx, .cc, .hxx или иного расширения, в названии файла должен быть указан язык программирования).
- Трёхмерная модель конструкции в формате .stl или .step.
- 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 разделе 2.
- Отчёт, содержащий следующие пункты:
 1. Титульный лист с ФИО участников, наименованием кейса.
 2. Этапы ЖЦ (жизненного цикла) проекта.
 3. Схема деления комплекса и его изделий на СЧ по ГОСТу с указанием ответственных за каждый СЧ изделий комплекса.
 4. Ведомость конструкторских документов.
 5. Пояснительную записку на весь проект, а не только на часть его жизненного цикла (далее ПЗ; оформляйте ПЗ в соответствии с содержанием ПЗ по ГОСТ 2.120).
В ПКД (проектно-конструкторской документации) обязательно должны быть отражены использованные те или иные инструменты и методы, обоснование выбранных аппаратных средств, описание их применения (Е1, Э3, 3D...) и программирования (код). Финансовую смету.
- 6. Полученные результаты, выводы, выявленные нерешенные проблемы и описания их возможных решений.

Ссылки на рекомендуемые методические материалы

- ГОСТ 2.120-2013 Единая система конструкторской документации.

- Технический проект
<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293767/4293767199.pdf>
- ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Текстовые документы
<https://www.minexp.ru/assets/files/GOST/gost-2-106-96/gost-2-106-96.pdf>
 - ГОСТ Р 2.711-2019. Единая система конструкторской документации. СХЕМА ДЕЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ НА СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ.
 - Гук А.П., Евстратова Л.Г. Дистанционное зондирование и мониторинг территорий. Часть 1. Дистанционное зондирование. Теоретические основы и технические средства. КУРС, 2019. – 221 с.
 - Сутырина Е.Н. Дистанционное зондирование Земли. Учеб. пособие. ИГУ, 2013. — 165 с.
 - Брайан У. Керниган, Роб Пайк. Практика программирования. Вильямс, 2021. — 288 с.
 - Брайан Керниган, Деннис Ритчи. Язык программирования С. Вильямс, 2019. — 288 с.
 - Дмитриев Д., Фомин А., Кармишин А., Дубровская В., Тяпкин Ю., Фатеев А., Борисевич В. Дистанционное зондирование Земли. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2014. — 196 с.
 - Груздов В.В. Новые технологии Дистанционного Зондирования Земли из космоса. – : Техносфера, 2019. – 482 с.
 - 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.](#)
 - 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>

Приложение 1.

Код передающего модуля (морское судно)

КОД ПРЕДОСТАВЛЕН ТОЛЬКО ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ.

```
#include <nRF24L01.h> //Подключение библиотек
#include <RF24.h>
#include <RF24_config.h>
#define PIN_CE 2 //Пины нрф24
#define PIN_CSN 3

#define TIME_BEFORE_SENDING 10000 //Время после включения устройства
до начала отправки
#define TIME_BETWEEN_SENDINGS 3000 //Время между отправкой пакетов

RF24 radio(PIN_CE, PIN_CSN); //Создание объекта радио

const byte satellite[] = "satel"; //Адрес спутника

char toSend[] = "N:ShipBot C:859.874 C:512.544\0"; //Данные для отправки

void setup() {
  Serial.begin(115200); //Инициализация ком-порта
  Serial.println("Начало инициализации");
  if (!radio.begin()) { //Если не удастся инициализировать радиомодуль
    Serial.println("Радиомодуль не найден");
    for (;;) { //Переходим в бесконечный цикл
    }
    radio.setDataRate(RF24_250KBPS); //Установка скорости передачи данных
    radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH); //Установка мощности радиомодуля на
высокую
    radio.openWritingPipe(satellite); //Открытие трубы на запись
    Serial.println("Инициализация завершена");
    delay(TIME_BEFORE_SENDING); //Задержка
  }
  void loop() {
    if(radio.write(toSend, sizeof(toSend))) { //Отправка данных
      Serial.println("Данные были успешно отправлены на кубсат!");
    }
    else { //Если получилось отправить
      Serial.println("Данные не были отправлены :(");
    }
  }
}
```



```
delay(TIME_BETWEEN_SENDINGS); //Задержка между отправками  
}
```

Приложение 2.

1. "ICAO=JS4C02_LATITUDE=55.75_LONGITUDE=37.57"
2. "ICAO=KA898B_LATITUDE=59.91_LONGITUDE=30.28"
3. "ICAO=733PPG_LATITUDE=64.53_LONGITUDE=40.52"
4. "ICAO=42G0P2_LATITUDE=55.02_LONGITUDE=82.89"
5. "ICAO=MC22RS_LATITUDE=23.58_LONGITUDE=44.91"
6. "ICAO=124DRV_LATITUDE=54.96_LONGITUDE=73.04"
7. "ICAO=289DRP_LATITUDE=55.75_LONGITUDE=48.93"
8. "ICAO=37MCLA_LATITUDE=57.02_LONGITUDE=60.35"
9. "ICAO=KKFF02_LATITUDE=55.11_LONGITUDE=73.07"

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

Реализация лазерной космической связи

1. Формулировка задачи

В современном мире космических технологий малые искусственные спутники становятся все более популярными благодаря их экономичности и функциональности. Одним из наиболее известных форматов таких спутников является кубсат, который имеет стандартные габариты 10×10×10 см и массу не более 1,33 кг. Детальную спецификацию этого формата можно найти на сайте <https://dernasherbrezon.com/posts/cubespec/>.

С развитием технологий передачи данных возникла потребность в более быстрой и надежной связи между космическими объектами. Лазерная связь представляет собой инновационное решение этой проблемы. В отличие от радиосигналов, узкий направленный лазерный луч позволяет достичь большей скорости передачи при возможных меньших задержках.

Для передачи информации лазерный передатчик на одном кубсате формирует сигнал, который принимается солнечной панелью другого кубсате. Панель преобразует световой лазерный сигнал в электрическую энергию и обеспечивает прием данных.

Такой способ передачи информации может быть использован для реализации обмена телеметрией, командами и данными полезных нагрузок между двумя и более кубсатами.

2. ТЗ и этапы функционирования элементов разрабатываемого комплекса

Необходимо разработать передающий кубсат №1, имеющий на борту лазер, принимающий кубсат №2, имеющий на борту солнечную панель и радиомодуль, и наземную станцию с радиомодулем.

Передающий кубсат циклично транслирует сообщения с помощью лазера на принимающий кубсат. Сообщения, передаваемые лазером, должны быть закодированы двоичным кодом. Если лазер не светит, то значение бита соответствует “0”, если лазер светит - “1”. Длина одного бита - **40 мс**. Время между сообщениями (длина Idle) - **500 мс**. Символы передаются в кодировке ASCII.

Необходимо выбрать три любых сообщения для передачи с помощью лазерной связи из приложения 1. Не допускается использование своих сообщений.

Лазер передает импульсы на солнечную панель. Солнечная панель преобразует световые импульсы обратно в электрические сигналы. Эти сигналы

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

имеют постоянную составляющую напряжения (из-за освещенности от окружающего света) и переменную составляющую (из-за света лазера).

Кубсат №2 принимает сигнал на солнечную панель и с помощью микроконтроллера (исполнительного устройства) преобразует его обратно в данные. Для чтения сигнала может использоваться аналоговый вход платы микроконтроллера (исполнительного устройства). Данные должны обрабатываться с помощью программы, загруженной в микроконтроллер платы (исполнительного устройства).

Для фильтрации сигнала от постоянной составляющей напряжения необходимо получать усредненное значение постоянной составляющей сигнала. Это значение можно вычестить из исходного сигнала, получив чистый информационный сигнал.

Принимающий кубсат №2 должен иметь возможность обновления значения смещения напряжения (постоянной составляющей сигнала) при получении служебной команды с наземной станции для коррекции значения среднего уровня освещённости панели при изменении положения спутника.

На заключительном этапе принимающий кубсат №2 передаёт полученные обработанные данные с помощью радиомодуля на наземную станцию, которая впоследствии выводит данные в последовательный порт.

Для повышения качества передачи сигнала можно использовать несколько модулей лазера, которые передают один и тот же сигнал. Пример программного кода для передающего кубсата №1 доступен в приложении 3.

Модели кубсатов №1 и №2 должны питаться от батарейных блоков, а наземная станция может получать питание от компьютера, к которому она подключена.

Описание возможной реализации полезной нагрузки (ПН) в виде лазерной связи представлено в приложении 2.

Состав комплекса изделий, которые необходимо разработать

В рамках задания необходимо реализовать три независимых устройства:

1. передающий модуль лазерной космической связи, представляющий из себя модель кубсата №1 форм-фактора 1U/2U, имеющего на борту плату с микроконтроллером (исполнительное устройство) и модуль лазера (модулей лазера);
2. принимающий модуль лазерной космической связи, представляющий из себя модель кубсата №2 форм-фактора 1U/2U, состоящий из платы с

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

микроконтроллером (исполнительного устройства), солнечной панели для приема сигнала и радиомодуля;

3. модуль наземной станции, включающий в себя плату с микроконтроллером (исполнительное устройство) и радиомодуль.

Наземная станция должна иметь возможность выводить принимаемые сообщения на компьютер (например, в последовательный порт).

Передача радиосигнала может осуществляться с помощью радиомодуля nrf24, HC-12 или иных. Пример описания подключения и работы nrf24:

<https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/arduino-nrf24l01-podkluchenie/>

Рекомендуемый алгоритм тестирования устройств:

1. Модели КА устанавливаются так, чтобы лучи лазера (лазеров) передающего кубсата №1 во включенном состоянии были направлены на солнечную панель принимающего кубсата №2. Рекомендуемое расстояние между кубсатами – 50 см. Модель наземной станции подключается к компьютеру.
2. В помещении для тестирования отключается свет во избежание возникновения помех бытовой сети 50 Гц в сигнале с солнечной панели.
3. Первым включается принимающий кубсат №2 (так как необходимо получить значение постоянной составляющей сигнала солнечной панели, которое отражает средний уровень освещенности солнечной панели), при необходимости с компьютера и наземной станции производится отправка команды на принимающий кубсат №2 для запуска определения значения постоянной составляющей сигнала солнечной панели.
4. Далее включается передающий кубсат №1, лучи лазера которого должны быть направлены на солнечную панель.
5. Демонстрируется передача сообщений с передающего кубсата №1 на наземную станцию через принимающий кубсат №2 в режиме реального времени с помощью радиомодуля и лазерной связи.

3. Регламент испытания при демонстрации на видео:

- демонстрация устройств без включения;
- демонстрация устройств после включения;
- демонстрация алгоритма работы согласно заданию (см. пункт «Рекомендуемый алгоритм тестирования устройств»).

4. Материалы и оборудование

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

Примерный перечень материалов для выполнения задания:

- микроконтроллеры или одноплатные компьютеры (Arduino, Raspberry и пр.);
- модуль (модули) лазера, радиомодули (например, NRF24L01);
- солнечная панель;
- батарейные блоки.

Примерный перечень программного обеспечения для выполнения задания:

- Blender, tinkercad.com, T-flex для 3d-моделирования;
- tinkercad.com, fritzing, EasyEDA для моделирования электрических схем (tinkercad.com может быть использован для написания программного кода для Arduino);
- PyCharm Edu и/или Arduino IDE- как среда программирования.

5. Общие требования к предоставляемому решению задания

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

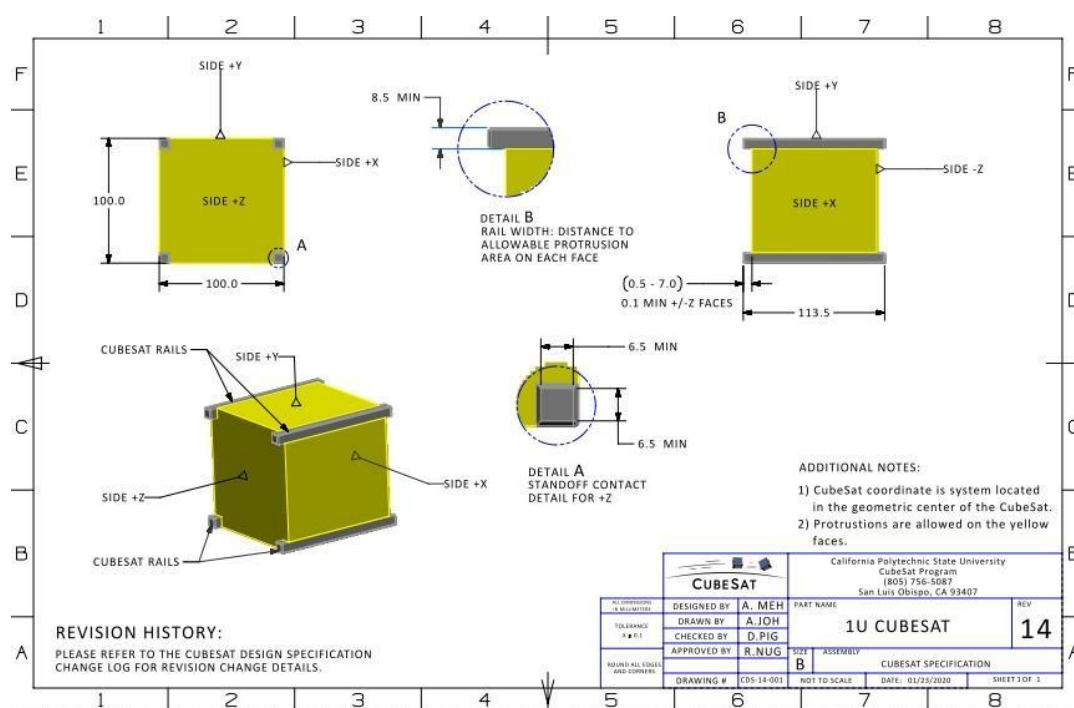


Рисунок 1. Чертеж спутника формфактора кубсат 1u

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

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 кубсата;

Необходимо предоставить трёхмерные модели корпуса передающего кубсата и принимающего кубсата, а также чертежи каждой детали по отдельности и в сборке (сборочный чертёж).

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

3D-модели должны иметь возможность быть воспроизведенными с помощью современных аддитивных технологий.

При сборке устройства рекомендуется использовать только многоразовые (разборные) соединения элементов.

Необходимо представить программный код для разрабатываемых устройств:

- передающего кубсата №1;
- принимающего кубсата №2;
- наземной станции.

Формат кода (.txt, .py, .c, .cpp, .h, .hpp, .cxx, .cc, .hxx или иного расширения, в названии файла должен быть указан язык программирования) для каждого этапа алгоритма, где для работы системы необходимо было запрограммировать работу устройств.

Необходимо наличие электрических схем для каждого из устройств.

Форма представления результатов:

- Программный код в виде текстового файла (формат .txt, .py, .c, .cpp, .h, .hpp, .cxx, .cc, .hxx или иного расширения, в названии файла должен быть указан язык программирования).
- Трёхмерная модель конструкции в формате .stl или .step.
- Электрические схемы в формате скриншотов или .pdf.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

- Демонстрация работы продукта в виде одной или нескольких видеозаписей, наглядно показывающих продукт и его поведение в условиях, описанных в разделе 2.
- Отчёт, содержащий следующие пункты:
 1. Титульный лист с ФИО участников, наименованием кейса.
 2. Этапы ЖЦ (жизненного цикла) проекта.
 3. Схема деления комплекса и его изделий на СЧ (составные части) по ГОСТу с указанием ответственных за каждую СЧ изделий комплекса.
 4. Ведомость конструкторских документов.
 5. Пояснительную записку на весь проект, а не только на часть его жизненного цикла (далее ПЗ; оформляйте ПЗ в соответствии с содержанием ПЗ по ГОСТ 2.120).
В ПКД (проектно-конструкторской документации) обязательно должны быть отражены использованные те или иные инструменты и методы, обоснование выбранных аппаратных средств, описание их применения (E1, Э3, 3D...), программный код и финансовую смету.
 6. Полученные результаты, выводы, выявленные нерешенные проблемы и описания их возможных решений.

6. Ссылки на рекомендуемые методические материалы

- ГОСТ 2.120-2013 Единая система конструкторской документации. Технический проект
<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293767/4293767199.pdf>
- ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Текстовые документы
<https://www.minexp.ru/assets/files/GOST/gost-2-106-96/gost-2-106-96.pdf>
- ГОСТ Р 2.711-2019. Единая система конструкторской документации. СХЕМА ДЕЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ НА СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ.
https://standartgost.ru/g/ГОСТ_Р_2.711-2019
- Брайан Керниган, Деннис Ритчи. Язык программирования С. Вильямс, 2019. — 288 с.
- Учебник по работе с устройствами. [Электронный ресурс] Режим доступа: Учебник по работе с устройствами
- Учебник: Электроника. В.А. Петин. [Электронный ресурс] Режим

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

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.
- Путеводитель по Ардуино. [Электронный ресурс] Режим доступа: Радио-ежегодник. Путеводитель по Ардуино.
- Брайан У. Керниган, Роб Пайк. Практика программирования. Вильямс, 2021. — 288 с.
- 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>

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

Приложение 1.

Сообщения для передачи с помощью лазерной связи

1. "X:0528 Y:0723 Z:0129 "
2. "Vx:+02 Vy:+04 Vz:-07 "
3. "Battery: 95% "
4. "Temp: -5C "
5. "Status: Working "
6. "X:0125 Y:0458 Z:0791 "
7. "Vx:+04 Vy:+06 Vz:-03 "
8. "Battery: 94% "
9. "Temp: -6C "
10. "Status: Working "
11. "X:0126 Y:0460 Z:0793 "
12. "Vx:+04 Vy:+07 Vz:-02 "
13. "Battery: 93% "
14. "Temp: -7C "
15. "Status: Working "
16. "X:0128 Y:0462 Z:0796 "
17. "Vx:+03 Vy:+07 Vz:-01 "
18. "Battery: 92% "
19. "Temp: -8C "
20. "Status: Warning "

Приложение 2.

Описание возможной реализации ПН

Передача данных с использованием лазера, солнечной панели и Arduino может быть описана следующим образом:

1. Сообщение, передаваемые лазером, закодированы двоичным кодом. Отключенный лазер соответствует значению бита “0”, включенный соответствует значению бита “1”. Сообщения передаются протоколом, похожим на UART: используется контрольный бит четности. Пример передачи сообщения из трех символов представлен на рисунке 2:

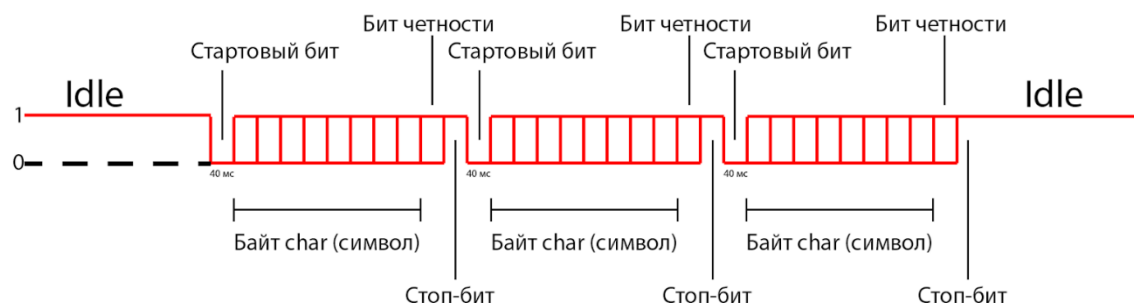


Рисунок 2. Пример передачи трёх байт с помощью протокола UART

В состоянии, когда передающий кубсат №1 ничего не отправляет (Idle), лазеры включены и значение напряжения на линии передачи эквивалентно “1”. Передача информационного байта начинается со стартового бита - “0”. Затем идет информационный байт, состоящий из восьми бит информации, соответствующий одному символу ASCII-таблицы. После этого идет контрольный бит четности, который установлен в “1”, если в информационном байте нечетное число единиц, и в “0”, если в информационном байте - четное число единиц. После бита четности идет стоп-бит, равный “1”.

Пояснение: на изображении значения байтов символов и битов четности установлены сразу в “двух положениях”, так как их значения зависят от передаваемых символов.

Длина одного бита - **40 мс**. Время между сообщениями (длина Idle) - **500 мс**. Символы передаются в кодировке ASCII.

Для преобразования двоичного кода символа в сам символ может использоваться конструкция `char(strtol(symbolString.c_str(), NULL, 2))`, где

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

symbolString - строка String, содержащая бинарный код символа (например, String symbolString = "01100001").

На рисунке 2 представлена передача сообщения из трех байтов - символов. Как пример, кубсат №1 передает сообщения, **состоящие из 22 байт** согласно приложению 3 (21 текстовый символ и символ окончания строки - нуль-терминатор "\0").

2. Лазер передает эти импульсы на солнечную панель. Когда лазер включен, он генерирует свет, который облучает солнечную панель и генерирует электрический сигнал.
3. Солнечная панель преобразует световые импульсы обратно в электрические сигналы. Эти сигналы будут иметь постоянную составляющую (из-за освещенности от окружающего света) и переменную составляющую (из-за света лазера).
4. Arduino получает сигнал и преобразует его обратно в данные. Для чтения сигнала может использоваться аналоговый вход платы Arduino. Данные восстанавливаются и обрабатываются с помощью программы, загруженной в микроконтроллер платы.
5. Для фильтрации сигнала от постоянной составляющей можно сохранить несколько значений напряжения на солнечной панели, когда на нее не светят лазеры, сложить их и разделить на количество значений, получив тем самым усредненное значение постоянной составляющей сигнала. Это значение можно вычесть из сигнала, получив чистый информационный сигнал:

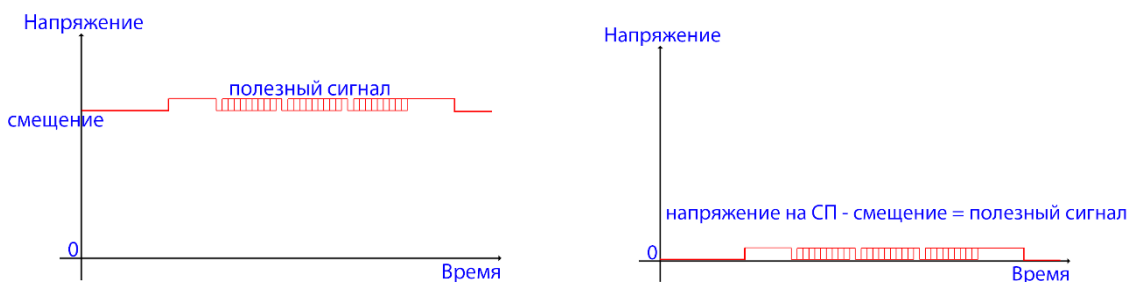


Рисунок 3. Пример сигнала со смещением напряжения и без

Важно учитывать, что при изменении положения кубсата освещенность панели может измениться, соответственно изменится и значение смещения напряжения. В таком случае целесообразно добавить возможность обновления значения смещения напряжения при получении служебной команды с наземной станции.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

Приложение 3.

Пример кода для передающего кубсата №1.

КОД ПРЕДОСТАВЛЕН ТОЛЬКО ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ.

```
#define BIT_DELAY 40 // Задержка между битами
#define DELAY_BETWEEN_MESSAGES 500 // Задержка между
отправкой двух сообщений

void send_bit(bool b) {
  digitalWrite(2, b); // Стартовый бит
  digitalWrite(3, b);
  digitalWrite(4, b);
  digitalWrite(5, b);
  digitalWrite(6, b);
  Serial.print(b ? "1" : "0");
  delay(BIT_DELAY);
}

void set_idle() {
  digitalWrite(2, 1); // IDLE
  digitalWrite(3, 1);
  digitalWrite(4, 1);
  digitalWrite(5, 1);
  digitalWrite(6, 1);
  delay(DELAY_BETWEEN_MESSAGES);
}

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  set_idle();
}

void transmit(String message) {
  for (int i = 0; i < message.length(); i++) { // Проходимся по символам
    send_bit(0); // Стартовый бит
```

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

```
int parity_count = 0; // Счетчик для вычисления бита четности
for (int j = 0; j < 8; j++) { // Проходимся по битам символа
    bool _bit = message[i] & 0b10000000 ? 1 : 0; // Получаем старший бит
символа
    if (_bit) parity_count++; // Если он 1, то добавляем к счетчику бита
четности
    send_bit(_bit); // Передаем бит
    message[i] = message[i] << 1; // Сдвигаем биты символа на один влево,
чтобы в следующий раз получить следующий бит
}
    send_bit(parity_count % 2); // Вычисляем бит четности и отправляем
    send_bit(1); // Стоповый бит
}
delay(DELAY_BETWEEN_MESSAGES);
}

void loop() {
    transmit("X:0528 Y:0723 Z:0129 ");
    transmit("Vx:+02 Vy:+04 Vz:-07 ");
    transmit("Battery: 95% ");
}
}
```

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

Модуль приёма, обработки и передачи данных

1. Формулировка задачи:

Малые космические аппараты – это аппараты, имеющие массу до 500 кг. Именно такие аппараты запускает Илон Макс в космическое пространство для построения глобальной спутниковой системы, обеспечивающей высокоскоростной широкополосный спутниковый доступ в Интернет в местах, где он был ненадёжным или был полностью недоступным. Проект «Сфера» – это российский проект глобальной многофункциональной инфокоммуникационной спутниковой системы для обеспечения доступа к сети Интернет, поддержки Интернета вещей, обслуживания беспилотного транспорта и многого другого. Неотъемлемой частью современных устройств становятся средства связи, они могут размещаться на компактных устройствах и служить элементами системы, перенаправляя потоки данных, обрабатывая или кодируя их, осуществляя ретрансляцию или передачу через несколько космических аппаратов. Предлагается реализовать макет спутника, который будет имитировать работу космических аппаратов связи, выполняя перечисленные функции.

2. ТЗ и этапы функционирования элементов разрабатываемого комплекса

Необходимо реализовать модуль приёма, обработки и передачи данных, размещаемый на космическом аппарате, который будет способен работать, связывая два приёмопередатчика, работающих на разных частотах. В качестве основного бортового приёмопередатчика рекомендуется использовать nRF24, в качестве дополнительного, комплект из передатчика (FS1000A) и приемника (MX-RM-5V), подключаемые к бортовому вычислительному модулю. Приём и передача сигналов, а также закон, по которому они осуществляют взаимодействие, передаются с основной наземной станции (с использованием nRF24). Предполагается наличие 2 наземных станций, работающих на разных частотах. При этом основная наземная станция должна взаимодействовать только с основным бортовым приёмопередатчиком. В рамках выполнения задачи команде участников необходимо разработать 3D-модель макета спутника в формате stl. В итоге

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

должен быть разработан полноценно функционирующий макет спутника, реализующий следующий функционал:

1. Приём и передача данных в основном и в дополнительном каналах.
2. Управление задержкой передачи данных.
3. Шифрование передаваемых сообщений шифром Виженера.
4. Определение возможности передачи данных на основе TLE малого космического аппарата и станции назначения.

Этап 1. Приём и передача данных:

Реализовать модуль приёма и передачи данных с возможностью передавать данные между наземными станциями, работающими на разных частотах, и космическим аппаратом. Основная станция должна работать с приёмопередатчиком NRF24, дополнительная – с приёмником (MX-RM-5V) и передатчиком (FS1000A). Должна быть реализована система передачи данных с ответом на сообщения и с ретрансляцией сообщений. Должен быть предусмотрен вариант подтверждения доставки сообщения, передаваемого в режиме ретрансляции. Модуль приёма и передачи данных должен располагаться внутри корпуса макета спутника 1U.

Необходимо продемонстрировать работу модуля приёма и передачи данных в следующих режимах:

- а) передача сообщения с основной наземной станции,
- б) передача сообщения с дополнительной наземной станции,
- в) ретрансляция сообщений с основной наземной станции на дополнительную станцию и, наоборот,
- г) подтверждение доставки сообщения до наземной станции.

Этап 2. Управление задержкой передачи данных:

Разработать программу, осуществляющую задержку передачи сигнала на заданное количество секунд после получения сигнала в различных режимах, реализованных на Этапе 1.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

Продемонстрировать работу устройства и программы, используя основную наземную станцию и передавая сообщение с указанием величины задержки. Для подтверждения правильности работы программы, после отправления сообщения о задержке передачи и до окончания выполнения программы основная наземная может быть отключена.

Этап 3. Шифрование передаваемых сообщений шифром Виженера:

Разработать программу, обеспечивающую кодирование пришедшего на модуль приёма, обработки и передачи данных космического аппарата сообщения шифром Виженера и дальнейшую его отправку на станцию назначения. Продемонстрировать работу кодирования сообщения на космическом аппарате путем сравнения переданного и полученного сообщения с последующим дешифрованием последнего.

Этап 4. Определение возможности передачи данных:

Разработать программу, использующуюся на модуле космического аппарата, вычисляющую текущее расстояние до целевого космического аппарата, по передаваемым с наземной станции [TLE](#) данным для разработанного космического аппарата и целевого космического аппарата и текущего времени. Считать, что передача возможна, когда космические аппараты находятся в зоне прямой радиовидимости, то есть, на кратчайшей прямой между космическими аппаратами не находится планета или атмосфера. Для реализации рекомендуется использовать готовую библиотеку [SGP4 для Arduino](#) либо любую совместимую с оборудованием.

Продемонстрировать работу разработанной программы для не менее 3 вариантов [TLE](#) данных, с различным размещением космических аппаратов друг относительно друга:

- а) космические аппараты находятся на разных сторонах Земли;
- б) космические аппараты находятся по одну сторону Земли и возможна передача данных;

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

в) космические аппараты находятся по одну сторону Земли, но атмосфера мешает свободной передаче сигналов на протяжении десятков секунд, после чего космические аппараты попадают в зону радиовидимости.

Продемонстрировать, как механизм задержки сигналов позволяет передавать сигнал между космическими аппаратами после возникновения радиовидимости (для демонстрации, роль второго космического аппарата может имитировать вторая наземная станция). Для проведения расчётов за границу атмосферы взять 300 км.

Требования к макету:

- Размер устройства - не более 100 x 100 x 100 мм;
- Устройство должно размещаться в корпусе макета спутника 1U;
- Вывод за габариты макета спутника допускается только для присоединительных кабелей и контактов;
- Устройство должно быть жестко закреплено в корпусе макета спутника, необходимо организовать кабельный менеджмент;
- Точность определения расстояния между космическими аппаратами на основании передаваемых данные [*TLE*](#) не должна превышать 50 км;
- Должна обеспечиваться непрерывная передача потоков данных;
- Устройство должно осуществлять прием простейших сообщений с устройства передатчика (в качестве приёмопередатчика рекомендуется использоваться NRF24L01 или его модификации);
- Макет спутника должен включать модуль приёма, обработки и передачи данных, элементы модуля приёма, обработки и передачи данных, крепления элементов модуля приёма, обработки и передачи данных к макету.
- Необходимо представить трехмерные модели макета спутника в сборе и его составляющих по отдельности.

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

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

3. Регламент испытания при демонстрации работы макета на видео:

- Демонстрация макета спутника без включения с пояснениями по составу и назначению элементов макета и, при необходимости, вспомогательных элементов;
- По каждому этапу, демонстрация включения макета спутника, пояснение по получаемым результатам;
- По каждому этапу даются пояснения: какой этап демонстрируется, на что направлен этот этап, как в этом этапе выполняется функционал макета спутника.

4. Материалы и оборудование

Примерный перечень материалов для выполнения задания:

Микроконтроллеры (Arduino, ESP32 или ESP8266), радиоприемники (NRF24L01 или его модификации; MX-RM-5V), радиопередатчики (NRF24L01 или его модификации, FS1000A), аккумуляторные батареи, коннекторы, монтажная плата. Элементная база должна выбираться исходя из необходимости реализовывать функционал макета спутника. Выбор элементной базы в отчёте рекомендуется подтверждать расчётами.

Примерный перечень программного обеспечения для выполнения задания:

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

PyCharm Edu и/или Arduino IDE- как среда программирования.

5. Общие требования к предоставляемому решению задания

Отличительной чертой спутников формата CubeSat являются направляющие рельсы, предназначенные для помещения спутника в пусковой контейнер. Внутреннее содержимое спутника поддается интерпретации, но размеры и рельсы остаются неизменными. Корпус макета КА CubeSat должен быть реализован с соблюдением замечаний, указанных на чертеже (см. рисунок 1):

В дополнение к чертежу

Москва
2023/2024 уч. г.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

При моделировании КА необходимо соблюдать след. требования:

- Никакие компоненты на сторонах, заштрихованных желтым цветом на рисунке 1, 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 следующие трёхмерные модели:

- Модель корпуса макета спутника;
- Модель имитатор полезной нагрузки в составе макета спутника;
- Модель элементов модуля устройства управления в составе макета спутника;
- крепления имитаторов полезной нагрузки к макету спутника;
- крепления элементов модуля управления к макету спутника.

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

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

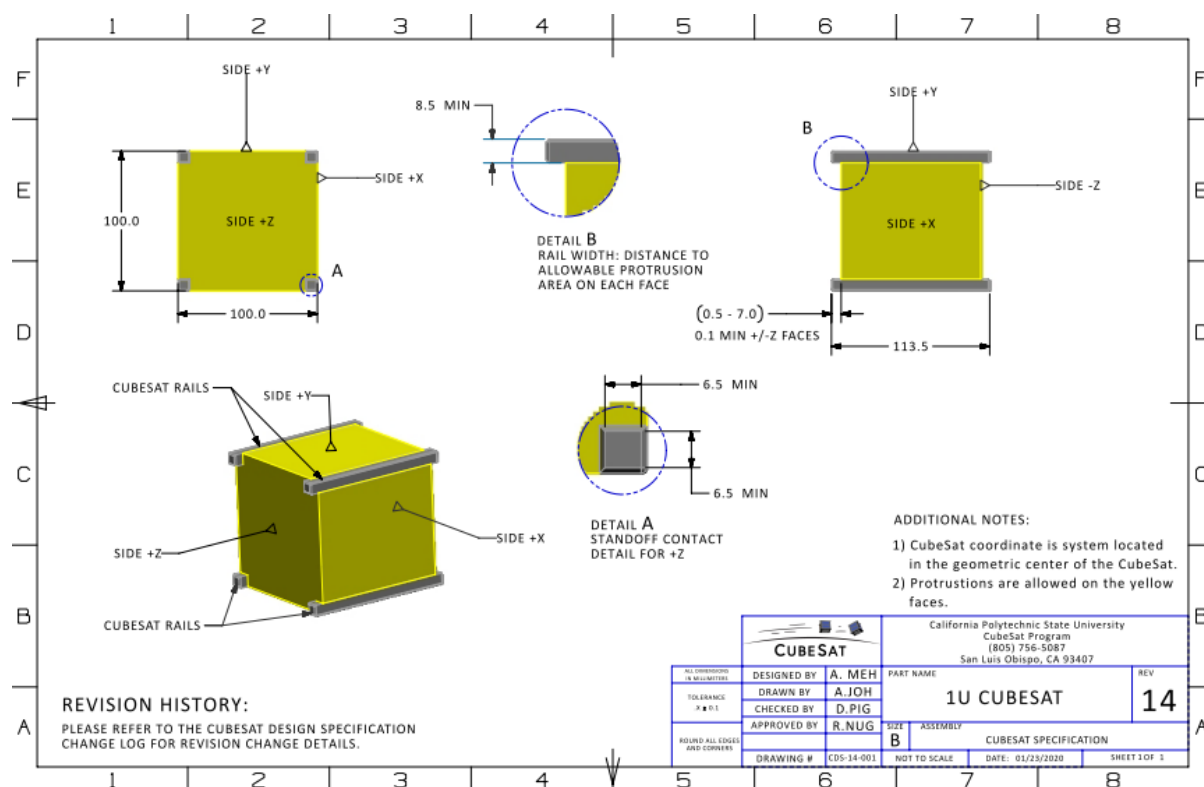


Рисунок 1 – Чертеж спутника форм-фактора Cubesat 1u

Форма представления результатов:

- Программный код в виде текстового файла (файл .txt, .py, .c, .cpp, .h, .hpp, .cxx, .cc, .hxx или иного расширения; В названии файла должен быть указан язык программирования и название команды);
- Трехмерная модель конструкции в формате stl;
- Электрическая (принципиальная) 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.
- Отчет, содержащий следующие разделы:
 1. Название и номер кейса, название и состав команды, роль каждого из членов команды во время выполнения домашнего кейса;
 2. Цель, задачи.
 3. Этапы проекта (необходимо осветить разработку программной реализации, разработку трехмерной модели, разработку электрической схемы, включить иллюстративный материал (схемы,

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

графики), фотографии макета спутника и составляющих, результаты расчётов радиовидимости спутников по данным TLE).

4. Инструменты и методы, описание выбранных аппаратных средств, обоснование их применения.

5. Полученные результаты, рекомендации по их применению и возможное решение выявленных проблем.

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

- Черный Ф. Б. Распространение радиоволн - 2-е изд., доп. и переработ. -М. <Сов. радио>, 1972, 464 с.
- Яковлев О.И. Распространение радиоволн в космосе // М.: Наука, 1985. - 216 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>

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

- Библиотека SGP4 для Arduino [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://github.com/Hopperpop/Sgp4-Library>
- 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>
- Библиотека SGP4 для Arduino [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://github.com/Hopperpop/Sgp4-Library>
- Дориченко С.А., Яценко В.В. 25 этюдов о шифрах. Популярно о современной криптографии: М.: Теис, 1994. 69 с.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

Модуль управления системы питания полезной нагрузки

1. Формулировка задачи:

Малые космические аппараты, такие как аппараты формата CubeSat 1U, активно используются в России и мире для проведения экспериментов студентами и школьниками. Это компактные космические аппараты, которые могут выполнять свою функцию непродолжительное время, после чего сгорают в атмосфере. Для удешевления производства таких космических аппаратов для полезной нагрузки используется обычная элементная база, не защищенная от воздействия космической радиации. Воздействие частиц космической радиации может привести к нежелательным последствиям, например, сквозному протеканию тока, в результате чего разряжаются аккумуляторные батареи, а космический аппарат может выйти из строя на несколько месяцев. В результате необходимо предусматривать в модуле системы питания полезной нагрузки защиту от такого сквозного протекания тока, а полезная нагрузка, в случае если она должна работать непрерывно, должна резервироваться.

2. ТЗ и этапы функционирования элементов разрабатываемого комплекса

Необходимо реализовать модуль управления системы питания полезной нагрузки, который предусматривает переключение между различными источниками питания и способен переключаться между основной и резервной полезной нагрузками. Управление режимами работы системы питания полезной нагрузкой и передача телеметрии осуществляются с применением приёмопередатчиков, находящихся в составе модуля управления. В рамках выполнения задачи команде участников необходимо разработать 3D-модель макета спутника в формате stl. В итоге должен быть разработан полноценно функционирующий макет спутника, реализующий следующий функционал:

1. Формирование питания для полезной нагрузки, с возможностью работы как от первичного источника питания (солнечные панели), так и вторичного источника питания (аккумуляторные батареи) и переключением между основной и резервной полезной нагрузками;

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

2. Сбор и передача на наземную станцию данных о состоянии элементов системы питания полезной нагрузки: напряжение и ток аккумуляторных батарей, напряжение и ток солнечных панелей (допускается применение имитаторов), напряжения и токи, подаваемые на основную и резервную полезные нагрузки.

3. По команде со станции спутник должен переключаться между режимами:

а. Подача питания на основную полезную нагрузку;

б. Переключение бортового питания между первичным и вторичным источниками питания;

в. Переключение между основной и резервной полезными нагрузками;

г. Включение и отключение резервной нагрузки;

д. Информирование станции о состоянии её работы и нештатных ситуациях.

4. Имитатор полезной нагрузки в режиме реального времени должен производить вычисление и отображение текущего расстояния от нулевого километра до МКС с погрешностью не более 50 км. Имитатор полезной нагрузки должен подразумевать непрерывность выполнения заложенной функции во время переключения между основной и резервной полезной нагрузками или основным и резервным источником питания.

Этап 1. Формирование питания для полезной нагрузки:

Реализовать модуль управления системой питания полезной нагрузки в составе спутника, способный отслеживать воздействие ионизирующего излучения (увеличение тока потребления, связанное с тиристорным эффектом), обеспечивать передачу на землю посредством радиоканала информации о питании и получение управляющей информации для системы питания.

Разработать схему автоматического подключения резервного источника питания и переключения между основной и резервной полезными нагрузками.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

Модуль должен формировать бортовое питание полезной нагрузкой 5 В, током не более 1 А.

Продемонстрировать работу устройства с помощью внешних измерительных приборов или данных, получаемых на втором этапе.

Этап 2. Сбор и передача на наземную станцию данных:

Разработать программу, осуществляющую сбор и передачу на наземную станцию данных о состоянии элементов системы питания полезной нагрузки: напряжение и ток аккумуляторных батарей, напряжение и ток солнечных панелей (допускается применение имитаторов), напряжения и токи, подаваемые на основную и резервную полезные нагрузки. В качестве приёмопередатчика рекомендуется использовать модуль NRF24.

Необходимо продемонстрировать реакции системы на нештатные ситуации:

- увеличение протекающего через полезную нагрузку тока (имитация сквозного протекания тока вследствие тиристорного эффекта),
- отключение полезной нагрузки,
- отключение аккумуляторной батареи или солнечной панели.

Продемонстрировать работу устройства и программы, используя наземную станцию или с использованием результатов, получаемых на 3 этапе.

Этап 3. Переключение между режимами по команде:

Разработать программу, обеспечивающую реакцию на команды управления, передаваемые с наземной станции по радиоканалу. Предполагается работа в следующих режимах:

- Напряжение питания на полезные нагрузки не подаётся;
- Напряжение питания подаётся на основную полезную нагрузку;
- Напряжение питания подаётся на дополнительную полезную нагрузку;
- Источником напряжения питания являются аккумуляторные батареи;
- Источником напряжения питания являются солнечные панели.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

Команды, которые могут быть переданы с наземной станции:

- а. Подать/отключить питание на основную полезную нагрузку;
- б. Подать/отключить питание на резервную полезную нагрузку;
- в. Принудительно задействовать бортовое питание с использованием первичного источника;
- г. Принудительно задействовать бортовое питание с использованием вторичного источника питания;
- д. Самостоятельно определять какой из источников бортового питания будет использоваться и переключаться между ними;
- е. Самостоятельно определять основанная или резервная полезная нагрузка будет работать в текущий момент времени;
- ж. Запрос информации о состоянии макета спутника и нештатных ситуациях.

Этап 4. Имитатор полезной нагрузки:

Разработать имитатор полезной нагрузки, который должен производить вычисление и отображение в режиме реального времени текущего расстояния от нулевого километра до МКС с погрешностью не более 50 км. Имитатор полезной нагрузки должен подразумевать непрерывность выполнения заложенной функции во время переключения между основной и резервной полезной нагрузками или первичным и вторичным источником питания. Для информации о местоположении МКС использовать данные [TLE](#) с учётом передаваемых с наземной станции управления данных и времени. Для реализации рекомендуется использовать готовую библиотеку [SGP4 для Arduino](#) либо любую совместимую с оборудованием.

Требования к макету:

- Размер устройства - не более 100 x 100 x 100 мм;
- Устройство должно размещаться в корпусе макета спутника 1U;
- Вывод за габариты макета спутника допускается только для присоединительных кабелей и контактов;
- Устройство должно быть жестко закреплено в корпусе макета спутника, необходимо организовать кабельный менеджмент;
- Точность определения напряжений и токов не хуже 10 %;

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

- Точность определения расстояния до МКС на основании передаваемых данные TLE не должна превышать 50 км;
- Должна обеспечиваться непрерывная работа устройства при переключении питания;
- Устройство должно осуществлять прием простейших сообщений с устройства передатчика (в качестве приёмопередатчика рекомендуется использоваться NRF24L01 или его модификации);
- Макет спутника должен включать в себя имитатор полезной нагрузки, элементы модуля устройства управления, крепления имитаторов полезной нагрузки к макету, крепления элементов модуля управления к макету.
- Необходимо представить трехмерные модели макета спутника в сборе и его составляющих по отдельности.
- Допускаются конструкторские расхождения в трехмерной модели и физической реализации. Созданная модель должна удовлетворять требованиям функционирования итогового устройства.

3. Регламент испытания при демонстрации работы макета на видео:

- Демонстрация макета спутника без включения с пояснениями по составу и назначению элементов макета и, при необходимости, вспомогательных элементов;
- По каждому этапу, демонстрация включения макета спутника, пояснение по получаемым результатам;
- По каждому этапу даются пояснения: какой этап демонстрируется, на что направлен этот этап, как в этом этапе выполняется функционал макета спутника..

4. Материалы и оборудование

Примерный перечень материалов для выполнения задания:

Микроконтроллеры (Arduino, ESP32 или ESP8266), радиоприемник (NRF24L01 или его модификации), радиопередатчик (NRF24L01 или его модификации), аккумуляторные батареи, коннекторы, монтажная плата, датчики напряжений и токов, дисплей. Элементная база должна выбираться

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

исходя из необходимости реализовывать функционал макета спутника. Выбор элементной базы в отчёте рекомендуется подтверждать расчётами.

Примерный перечень программного обеспечения для выполнения задания:

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

PyCharm Edu и/или Arduino IDE- как среда программирования.

5. Общие требования к предоставляемому решению задания

Отличительной чертой спутников формата CubeSat являются направляющие рельсы, предназначенные для помещения спутника в пусковой контейнер. Внутреннее содержимое спутника поддается интерпретации, но размеры и рельсы остаются неизменными. Корпус макета КА CubeSat должен быть реализован с соблюдением замечаний, указанных на чертеже (см. рисунок 1):

В дополнение к чертежу

При моделировании КА необходимо соблюдать след. требования:

- Никакие компоненты на сторонах, заштрихованных желтым цветом на рисунке 1, 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 следующие трёхмерные модели:

- Модель корпуса макета спутника;
- Модель имитатор полезной нагрузки в составе макета спутника;

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

- Модель элементов модуля устройства управления в составе макета спутника;
- крепления имитаторов полезной нагрузки к макету спутника;
- крепления элементов модуля управления к макету спутника.

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

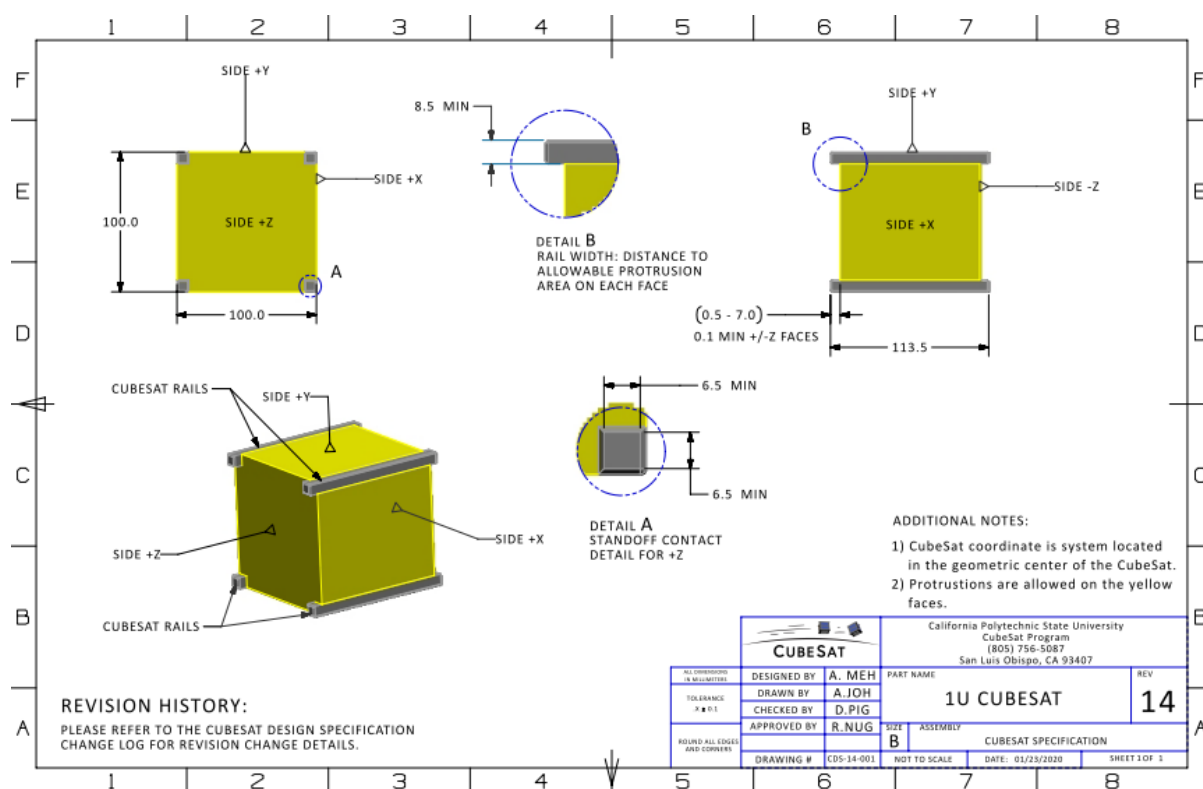


Рисунок 1 – Чертеж спутника форм-фактора Cubesat 1u

Форма представления результатов:

- Программный код в виде текстового файла (файл .txt, .py, .c, .cpp, .h, .hpp, .cxx, .cc, .hxx или иного расширения; В названии файла должен быть указан язык программирования и название команды);
- Трёхмерная модель конструкции в формате stl;
- Электрическая (принципиальная) схема в формате скриншота или pdf;

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

- Демонстрация работы продукта в виде одной или нескольких видеозаписей, наглядно показывающих продукт и его поведение в условиях, описанных в регламенте испытаний.

- Отчет, содержащий следующие разделы:

1. Название и номер кейса, название и состав команды, роль каждого из членов команды во время выполнения домашнего кейса;

2. Цель, задачи.

3. Этапы проекта (необходимо осветить разработку программной реализации, разработку трехмерной модели, разработку электрической схемы, проводимые расчёты и вычисления, включить иллюстративный материал (схемы, графики), фотографии макета спутника и составляющих, результаты обработки TLE и т.д.).

4. Инструменты и методы, описание выбранных аппаратных средств, обоснование их применения.

5. Полученные результаты, рекомендации по их применению и возможное решение выявленных проблем.

**6. 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. Тимошенкова. - 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](#)

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

- 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 «Спутнике» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://orbicraft.sputnix.ru/doku.php>
- Библиотека SGP4 для Arduino [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://github.com/Hopperpop/Sgp4-Library>
- 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 «Спутнике» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://orbicraft.sputnix.ru/doku.php>
- Библиотека SGP4 для Arduino [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://github.com/Hopperpop/Sgp4-Library>
- Книга о преобразователях DC/DC от RECOM [Электронный

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

**Подсистема генерирования и распределения электроэнергии по
подсистемам космического аппарата**

1. Формулировка задачи

Для достижения максимального срока активного существования (САС) космического аппарата (КА) в космическом пространстве критически важно обеспечивать (в тех случаях, где это концептуально и технически предусмотрено) подзарядку его аккумуляторов в космосе. Для этого часто прибегают к конвертации солнечного света в электроэнергию.

Для такой конвертации необходимо обеспечивать ориентацию и стабилизацию (ОС) КА и его солнечных панелей на Солнце. Для этого требуется изменять ориентацию КА в орбитальной системе координат. Такое изменение обеспечивается исполнительными органами (ИО) ОС КА за счет создаваемых управляющих моментов. В качестве ИО ОС КА применяют двигатели-маховики (ДМ).

Для конвертации света от Солнца в электроэнергию используют солнечные панели. Для ориентации солнечных панелей на солнце используют сервоприводы и мачты, к которым прикреплены солнечные панели. Для хранения электроэнергии используют аккумуляторы. Для распределения электроэнергии по подсистемам КА необходимо разрабатывать управляющую программу и прошить ее в бортовой вычислительной машине.

2. ТЗ и этапы функционирования элементов разрабатываемого комплекса

Описание того, что и как нужно реализовать

Есть источник света и есть кубсат с солнечными панелями, которые направляются по 1 оси в сторону источника света с помощью сервоприводов.

Кубсат закручивается вручную, по команде с наземной станции стабилизирует свое вращение и ориентируется по 1 оси на источник света с помощью двигателя-маховика. Аппарат должен стабилизироваться в том направлении, в котором больше всего КА может накопить электроэнергии от источника света. В направлении источника света КА должен удерживаться в течении **4 минут**.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

КА должен передавать на наземную станцию телеметрию, которая будет отражать:

- ориентацию КА,
- ориентацию солнечных панелей,
- напряжение на резервном аккумуляторе (который был изначально полностью разряжен).

КА должен принимать с наземной станции команды:

- запуска ориентации и стабилизации, аккумуляирования электроэнергии в разряженном аккумуляторе;
- выключения процесса зарядки резервного аккумулятора КА от солнечных панелей;
- включения функционирования источника излучения света (светодиода с резистором) на борту КА.

Помимо основного источника электропитания КА (батареи), в КА необходимо разместить полностью разряженный резервный **аккумулятор**, который будет подзаряжаться с помощью электроэнергии, получаемой от источника света. Система распределения электропитания КА должна направить заряд с солнечных панелей на подзарядку резервного источника электропитания КА (аккумулятора). Через время (**4 минуты**), выключается источник света. Оператор по команде с наземной станции запускает подсистему генерирования и распределения электроэнергии по подсистемам КА, которая должна передать аккумуляированную от источника света электроэнергию на питание источника света (полезной нагрузки КА).

Побеждает та команда, у которой источник света, питаемый от резервного аккумулятора КА, будет светиться дольше.

Состав комплекса изделий, которые необходимо разработать

Для отработки генерирования и распределения электроэнергии по подсистемам КА требуется разработать:

1) стенд, состоящий из нескольких изделий, на котором происходит имитация вращения и стабилизации космического аппарата (КА) по одной оси вращения с помощью ДМ с ориентацией по одной оси вращения солнечных панелей МКА на источник света с помощью

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

сервопривода/ов (**требования к мощности излучателя света при обработке задания в «домашних» условиях – не предъявляются; на очном этапе олимпиады, источник света будет предоставлен**);

2) МКА формата CubeSat 1U или 2U, который, как минимум (можно использовать дополнительные изделия), состоит из: бортовой вычислительной машины, модуля акселерометра, радио-модуля*, подсистемы энергопитания, резервного полностью разряженного аккумулятора и подсистемы ориентации и стабилизации вращения КА (двигателя-маховика, который в свою очередь состоит как минимум из двигателя, диска вращения, необходимых для их управления покупных комплектующих изделий), солнечных датчиков, сервоприводов, солнечных панелей **размещенных на мачтах (не на корпусе)**, источника излучения света (имитирует нагрузку на КА, состоящий из резистора (1 кОм) и светодиода на 3 вольта;

3) наземную станцию приема/передачи сигнала (состоящая как минимум из бортовой вычислительной машины, радио-модуля*), которая способна:

- принять и отобразить телеметрию;
- выдать обратно на КА управляющий сигнал согласно этапам алгоритма работы устройств комплекса.

*Передача радиосигнала может осуществляться с помощью радио-модуля nrf24, HC-12 или иных. Пример описания nrf24:

<https://forum.arduino.cc/t/simple-nrf24101-2-4ghz-transceiver-demo/405123/3>

Вращение КА должно стабилизироваться за счет функционирования системы двигателя-маховика. Стабилизация вращения не должна быть идеальной. После стабилизации, ДМ должен удерживать одну из осей КА от отклонения более чем на 45 градусов в ту или иную сторону вращения.

Этапы алгоритма работы изделий комплекса:

1. С помощью тестера демонстрируется то, что резервный аккумулятор КА полностью разряжен.

2. Включается источник света и направляется на солнечные панели КА (расстояние от солнечных панелей КА до источника излучения света не менее 30 см).

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

3. Демонстрируется передача телеметрии от КА на наземную станцию в режиме реального времени на которой фиксируется максимальный показатель эффективности работы солнечных панелей (фиксируется некое эталонное значение, с которым в последующем будет происходить сравнение при автоматической работе КА на стенде при его наведении на источник света).

4. Резервный аккумулятор вставляется в КА.

5. КА подвешивается на стенде и закручивается вручную в любую сторону вокруг оси центра масс КА (большая скорость тут не принципиальна).

6. Наземная станция принимает от КА телеметрию и отправляет по команде оператора на КА сигнал с управляющим воздействием на подсистему ориентации и стабилизации КА.

7. Подсистема ОС КА начинает работу и КА стабилизируется в направлении источника света таким образом, чтобы он генерировал максимально большое количество электроэнергии от источника света.

8. Через **4 минуты**, выключается источник света. Оператор через терминал передает с наземной станции на КА управляющую команду, которая прекращает конвертацию света в электроэнергию и запускает подсистему распределения электроэнергии по подсистемам КА, которая должна передать аккумулярованную от источника света электроэнергию на питание источника света на КА для разряда аккумулятора (состоящий из резистора (1 кОм) и светодиода на 3 вольта. Разряжать аккумулятор необходимо на прямую).

9. КА продолжает передавать на наземную станцию телеметрию, а наземная станция отображает информацию в том числе о том, что источник света работает такое-то количество времени до ее отключения из-за разрядки предназначенного для ее работы аккумулятора.

10. Участники олимпиады заносят в отчет полученные данные и время работы источника света (светодиода с резистором).

3. Регламент испытания при демонстрации жюри:

- Демонстрация комплекса изделий без включения;
- Демонстрация комплекса после включения его изделий;

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

- Демонстрация алгоритма работы изделий комплекса согласно заданию (см. выше **Раздел 1. и особенно «Этапы алгоритма работы устройств комплекса (стенд — это тоже часть комплекса)»**).

4. Материалы и оборудование

Примерный перечень материалов для выполнения задания:

- Микроконтроллеры (Arduino, Raspberry и пр.), двигатель 12v, 2 радиомодуля, батарейный блок, акселерометр;
- Сервопривод, солнечные батареи (**именно 5,5В, 1Вт**),
- Аккумулятор для электропитания полезной нагрузки (универсальный Литий-ионный (**купите именно модель 18650**) с параметрами 3.7V, 4200 mah).
- Источник света на КА для разряда аккумулятора (состоящий из резистора (1 кОм) и светодиода на 3 вольта).

Примерный перечень программного обеспечения для выполнения задания:

Blender, tinkercad.com, T-flex для 3d-моделирования;
tinkercad.com, fritzing для моделирования электрических схем (tinkercad.com может быть использован для написания программного кода для Arduino);
PyCharm Edu и/или Arduino IDE- как среда программирования.

5. Общие требования к предоставляемому решению задания

Отличительной чертой спутников формата CubeSat являются направляющие рельсы, предназначенные для помещения спутника в пусковой контейнер. Внутреннее содержимое спутника поддается интерпретации, но размеры и рельсы остаются неизменными. Корпус макета КА CubeSat должен быть реализован с соблюдением замечаний, указанных на чертеже (см. рисунок 1):

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

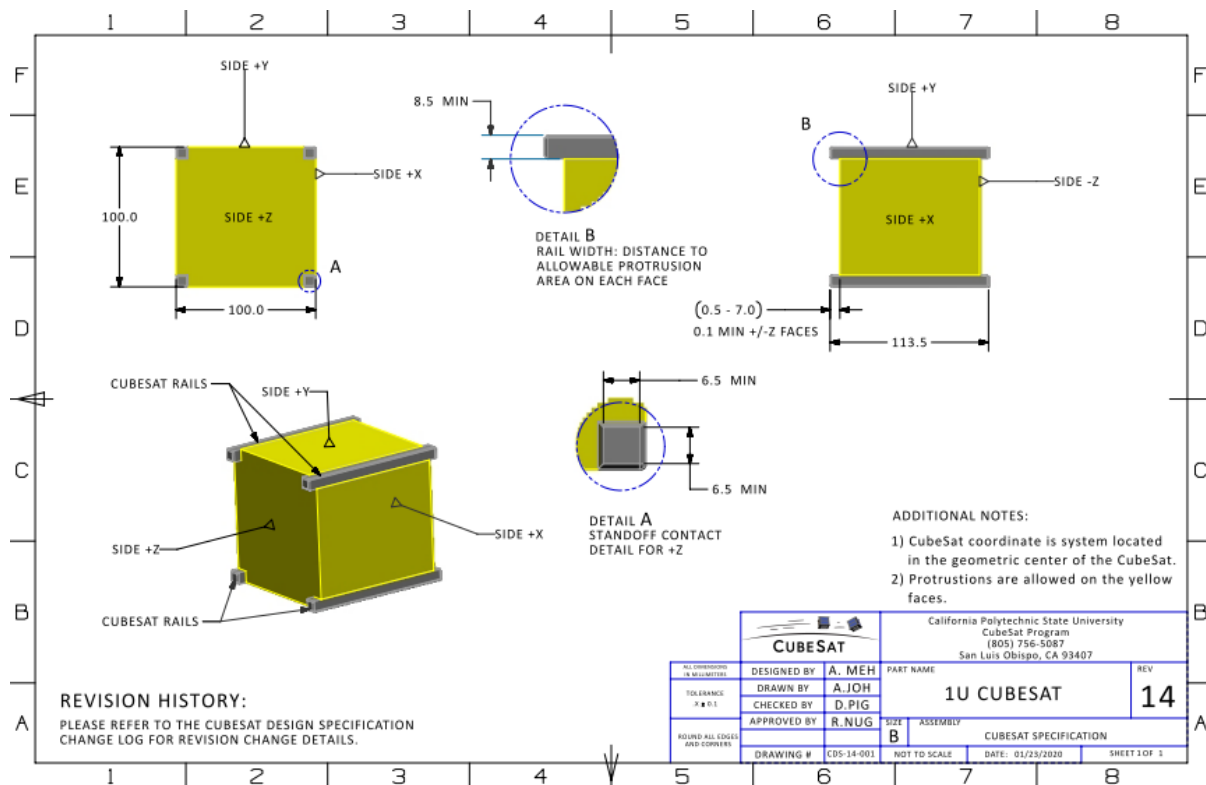


Рисунок 1. Чертеж спутника форм-фактора Cubesat 1u

В дополнение к чертежу

При моделировании КА необходимо соблюдать след. требования:

- Никакие компоненты на сторонах, заштрихованных желтым цветом на рисунке 1, 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 следующие трёхмерные модели:

- корпус модуля приёмника, осуществляющий жёсткое крепление всех элементов модуля (бортовой вычислительной машины, приёмника, макетных/паечных плат, маховика, сервопривода и т. д.);
- корпус спутника CubeSat форм-фактора 1-2U;
- итогового изделия КА в сборке и по составным частям КА.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

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

Также необходимо:

- Предоставить схему деления комплекса с отражением состава входящих в него систем (КА и его подсистем, и их элементов, наземная станция, комплексный стенд).

- Предоставить программный код для:
 - разработанного устройства стабилизации вращения КА с ОС на источник света с помощью ДМ,
 - код ориентации и наведения солнечных панелей на источник света с помощью сервопривода,
 - код распределения электропитания с солнечных панелей на резервный аккумулятор и с аккумулятора на устройство излучения света,
 - работы всего КА,
 - наземной станции приема/передачи сигнала.

Формат кода .txt, .py, .c, .cpp, .h, .hpp, .cxx, .cc, .hxx или иного расширения, в названии файла должен быть указан язык программирования) для каждого этапа алгоритма, где для работы системы необходимо было запрограммировать работу устройств.

- Электрические схемы для каждого изделия комплекса.

Форма представления результатов:

- Программный код в виде текстового файла (формат .txt, .py, .c, .cpp, .h, .hpp, .cxx, .cc, .hxx или иного расширения, в названии файла должен быть указан язык программирования)).
- Трёхмерная модель конструкции в формате .stl.
- Схема деления и электрическая схема в формате скриншота или .pdf.
- Демонстрация работы продукта в виде одной или нескольких видеозаписей, наглядно показывающих комплекс изделий и их функционирование в условиях, описанных в разделе 1.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

- Отчёт, содержащий следующие пункты:
 1. Титульный лист с ФИО участников, наименованием кейса.
 2. Этапы ЖЦ проекта.
 3. Схема деления комплекса и его изделий на СЧ по ГОСТу (см. ниже ГОСТ Р 2.711) с указанием ответственных за каждую СЧ изделия комплекса.
 4. Ведомость конструкторских документов.
 5. Пояснительная записка на весь проект, а не только на часть его жизненного цикла (далее ПЗ; оформляйте ПЗ в соответствии с содержанием ПЗ по ГОСТ 2.120).

В ПКД обязательно должны быть отражены использованные те или иные инструменты и методы, обоснование выбранных аппаратных средств, описание их применения (E1, ЭЗ, 3D...) и программирования (код). Финансовую смету.
 6. Полученные результаты, выводы, нерешенные задачи и выявленные проблемы и описания их возможных решений.

6. Ссылки на рекомендуемые методические материалы для восполнения необходимых навыков:

1. ГОСТ 2.120-2013 Единая система конструкторской документации. Технический проект
2. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293767/4293767199.pdf>
3. ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Текстовые документы
4. <https://www.minexp.ru/assets/files/GOST/gost-2-106-96/gost-2-106-96.pdf>
5. ГОСТ Р 2.711-2019. Единая система конструкторской документации. СХЕМА ДЕЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ НА СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ.
https://standartgost.ru/g/ГОСТ_Р_2.711-2019
6. Брайан У. Керниган, Роб Пайк. Практика программирования. Вильямс, 2021. — 288 с.
7. Брайан Керниган, Деннис Ритчи. Язык программирования С. Вильямс, 2019. — 288 с.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

8. Работа с датчиками. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://zelectro.cc/>
9. Учебник по работе с устройствами. [Электронный ресурс] Режим доступа: [Учебник по работе с устройствами](#)
10. Учебник: Электроника. В.А. Петин. [Электронный ресурс] Режим доступа: [Электроника. В.А. Петин](#)
11. Уроки по работе с ардуино. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://lesson.iarduino.ru/>
12. Уроки по работе с датчиками. [Электронный ресурс] Режим доступа: [Ардуино. Датчики и сети для связи устройств.](#)
13. Проектная работа по разработке системы. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://arduino-diy.com/>
14. Путеводитель по Ардуино. [Электронный ресурс] Режим доступа: [Радио-ежегодник. Путеводитель по Ардуино.](#)