

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

Реализация космической станции-теплицы

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/>.

В недалеком будущем планируется создать экспериментальный кубсат под кодовым названием «Сирень». Цель проводимого эксперимента заключается в исследовании возможности создания теплицы на малом космическом аппарате (МКА) формата Cubesat 1U/2U и мониторинге роста и развития находящегося на борту растения.

В рамках данной миссии школьникам предоставляется возможность разработать прототип МКА и наземную станцию для него.

2. ТЗ и этапы функционирования элементов разрабатываемого комплекса

Необходимо разработать кубсат-теплицу, имеющий на борту датчики для мониторинга состояния окружающей среды (температура, влажность, освещенность и т. д.) и радиомодуль, а также наземную станцию с радиомодулем и ЖК-дисплеем.

Кубсат передаёт данные о состоянии среды с помощью радиомодуля на наземную станцию одним сообщением, содержащим всю информацию о текущих показателях и закодированным с помощью метода аффинного шифрования. Наземная станция декодирует полученное сообщение и выводит данные на ЖК-дисплей в следующем формате: «**[обозначение передаваемого параметра на русском языке/английском языке]** значение параметра в единицах **СИ**», либо «**[обозначение передаваемого параметра на русском языке/английском языке]** комментарий по анализу значению параметра» в случае, если датчик не измеряет

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

данный параметр в единицах **СИ** (например, аналоговый датчик выдает значения от 0 до 1023; необходимо вывести комментарий относительно анализа значения по поставленным условиям). Подробное пояснение про метод аффинного шифрования представлено в приложении 1.

Примеры вывода:

[Температура/Temperature] 27 °C (значение температуры равно 27 градусам Цельсия).

[Влажность/Humidity] ОК/ NOT ОК (значение датчика влажности почвы в пределах граничных условий; выведен комментарий об оптимальности влажности почвы).

[Освещенность/Light] low light / normal light / high light (значение датчика освещенности меньше нижнего граничного условия; выведен комментарий о недостаточности освещения).

Все значения выводить на ЖК дисплей в порядке произвольной очереди, с условием, что каждое новое показание выводится с новой строки.

Кубсат должен питаться от батарейного блока (или от аккумуляторов), а наземная станция может получать питание от компьютера, к которому она подключена.

Наряду с разработкой технической составляющей модели МКА, требуется создать 3D-модель корпуса кубсата и предусмотреть герметичный короб для располагающегося на борту растения. Подробные требования к корпусу описаны в разделе 5.

Состав комплекса изделий, которые необходимо разработать

В рамках задания необходимо реализовать два независимых устройства:

- модель кубсата-теплицы форм-фактора 1U/2U, состоящий из платы с микроконтроллером (исполнительного устройства), датчиков для отслеживания параметров среды и радиомодуля;
- модуль наземной станции, включающий в себя плату с микроконтроллером (исполнительное устройство), радиомодуль и ЖК-дисплей.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

Наземная станция должна иметь возможность выводить принимаемые сообщения на ЖК-дисплей.

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

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

3. Регламент испытания при демонстрации на видео:

- демонстрация устройств без включения;
- демонстрация устройств после включения;
- демонстрация алгоритма работы согласно заданию.

Подробные требования к демонстрации разработанных устройств описаны в разделе 5.1.1.

4. Материалы и оборудование

4.1. Примерный перечень материалов для выполнения задания:

- микроконтроллеры или одноплатные компьютеры (Arduino, Raspberry и пр.);
- радиомодули (например, NRF24L01);
- ЖК-дисплей (например, MT-16S2H);
- датчики мониторинга параметров окружающей среды;
- батарейный блок.

4.2. 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

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

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):

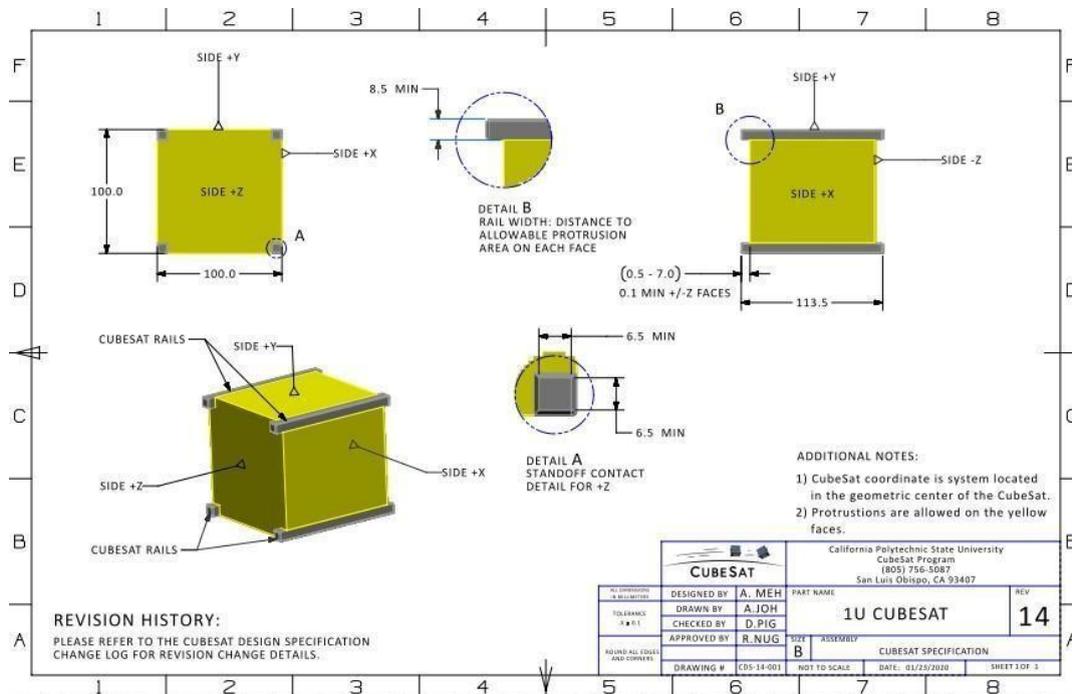


Рисунок 1. Чертеж спутника формфактора кубсат 1u

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.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

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 быть воспроизведенными с помощью современных аддитивных технологий.

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

Необходимо представить программный код для разрабатываемых устройств:

- кубсата;
- 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.

5.1. 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.
- Чертежи деталей в формате .pdf.
- Электрические схемы в формате скриншотов или .pdf.

5.2. Демонстрация разработанных устройств

5.2.1. Демонстрация устройств без включения

Необходимо в одной видеозаписи наглядно показать все этапы сборки, а именно следующие процессы:

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

- сборка корпусов разрабатываемых устройств с детальной демонстрацией элементов корпуса, например деталей разрабатываемого корпуса малого космического аппарата, и порядка сборки конструкции. В видео следует показать, как детали соединяются между собой и в каком последовательности выполняется сборка;
- создание электрических схем с подробной демонстрацией всех технических решений, связанных с электрическими схемами продукта. В видео необходимо показать, какие датчики и модули были использованы, а также как осуществлено их подключение к микроконтроллеру или одноплатному компьютеру. Следует продемонстрировать, к каким выводам подключены цифровые или аналоговые выводы датчиков, как выполнено подключение общего питания и заземления, а также объяснить использование пассивных элементов электрической цепи, таких как резисторы и конденсаторы, в случае их применения;
- размещение элементов внутри продукта, на видео должны быть во всех подробностях показаны конструкторские решения по способу размещения всех элементов электрических схем: датчиков, модулей, микроконтроллеров или одноплатных компьютеров, батарейных блоков и т.д., внутри разрабатываемых корпусов, показанных на видео ранее.

5.2.2. Демонстрация устройств после включения

Необходимо в виде одной или нескольких видеозаписей наглядно показать работу продукта, а именно продемонстрировать стабильную работу как каждого датчика по отдельности, так и системы в целом, и выполнение системой всех этапов функционирования разрабатываемых устройств, описанных в разделе 2. Порядок демонстрации:

- поочередное включение датчиков с демонстрацией их работы, включая показ получаемых данных, проверку их соответствия действительности и выявление возможных ошибок;

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

- включение модуля жидкокристаллического дисплея с демонстрацией его работы, включая отображение показаний одного из датчиков на дисплее с обновлением данных через короткие промежутки времени;
- включение радиомодулей на обоих разрабатываемых устройствах с демонстрацией работы радиоканала, подтверждающей прием и передачу показаний одного из датчиков между устройствами, отображение этих показаний на ЖК-дисплее или в монитор последовательного порта, а также совпадение переданных показаний с реальными показаниями датчика;
- демонстрация приема и передачи сообщений между разрабатываемыми устройствами с последующим отображением на дисплее в соответствии с заданием и комментариями, подтверждающая успешную передачу всех сообщений от одного устройства к другому, их корректную декодировку и вывод на дисплей с обновлением в короткие промежутки времени, что обеспечивает полное соответствие принятых и отображенных на дисплее сообщений фактически отправленным;
- демонстрация работы всех частей устройств вместе при выполнении задания.

5.2.3. Демонстрация алгоритма работы согласно заданию

Необходимо в виде одной или нескольких видеозаписей наглядно показать алгоритм работы программных кодов разрабатываемых устройств с подробным объяснением всего функционала программной части и использованных программных решений, а именно должны быть объяснены:

- обоснование выбора использованных для программных кодов библиотек;
- роль инициализированных глобальных переменных и/или переменных-констант;
- алгоритм сбора показаний с системы датчиков;
- алгоритм передачи/приёма сообщений по радиоканалу;
- алгоритм шифровки/дешифровки сообщений, принятых по радиоканалу;
- алгоритм вывода сообщений на дисплей и обновления данных.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

5.3. Форма представления отчёта

Отчёт, содержащий следующие пункты:

- титульный лист с ФИО участников, наименованием кейса;
- этапы ЖЦ (жизненного цикла) проекта;
- схема деления комплекса и его изделий на СЧ (составные части) по ГОСТу с указанием ответственных за каждую СЧ изделий комплекса;
- ведомость конструкторских документов;
- 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);
- полученные результаты, выводы, выявленные нерешенные проблемы и описания их возможных решений.

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...), программный код и финансовую смету.

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.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

- 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.
- 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.

Описание метода аффинного шифрования

Аффинный шифр — это частный случай более общего моноалфавитного шифра подстановки. К шифрам подстановки относятся также шифр Цезаря, ROT13 и Атбаш. Шифрование проводится в 2 этапа. В первую очередь каждому символу присваивается индекс (порядковый номер), начиная с нуля. Далее выполняется замена символов по следующей формуле.

$$E(x) = (ax + b) \bmod m,$$

где a и b - произвольные заданные переменные, m - количество символов в алфавите, “mod” - арифметическая операция получения остатка от целочисленного деления, $E(x)$ - порядковый номер зашифрованной буквы.

Для дешифровки требуется циклически прибавлять m к порядковому номеру зашифрованной буквы, пока не получится число, которое, если вычесть из него b , будет целочисленно делиться на a .

Важно. Аффинное шифрование не изменяет длину сообщения.

Пример шифровки и дешифровки сообщения методом аффинного шифрования

Таблица 1. Русский алфавит с порядковыми номерами букв без буквы “Ё”,
нумерация с нуля

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Й	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
										0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1

Если принять $a = 3$ и $b = 5$: $E(x) = (3x + 5) \bmod m$,

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«АЭРОКОСМОС»**

Таблица 2. Пример пошагового шифрования буквосочетания “МПО” аффинным шифрованием с $a = 3$ и $b = 5$

Исходная буква	М	П	О
x (порядковый номер)	12	15	14
$3x + 5$	41	50	47
$(3x + 5) \bmod 32$	9	18	15
Зашифрованная буква	Й	Т	П

Таблица 3. Пример пошагового дешифрования буквосочетания “МПО” аффинным шифрованием с $a = 3$ и $b = 5$

Зашифрованная буква	Й	Т	П
x (порядковый номер)	9	18	15
$x - b$	4	13	10
$(x - b) + m*n$	36	45	42
$((x - b) + m*n) \setminus 3$	12	15	14
Исходная буква	М	П	О

где n - минимальное количество прибавлений m , чтобы $((x - b) + m*n) \bmod a =$

0.