Реализация опорно-поворотной антенны

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/.

Для некоторой миссии компанией N был спроектирован малый космический аппарат (МКА) формата Cubesat 1U под кодовым названием «Орбикрафт». Цель данной миссии не уточняются, однако все приходящие сообщения с МКА кодируются с помощью метода аффинного шифрования в целях безопасности.

В рамках данной миссии школьникам предоставляется возможность разработать прототип МКА и наземную станцию с опорно-поворотной платформой.

2. ТЗ и этапы функционирования элементов разрабатываемого комплекса

Необходимо разработать МКА, имеющий на борту ультракоротковолновой радиомодуль (УКВ), и наземную станцию в виде опорно-поворотной антенны, состоящей из радиомодуля, датчиков для мониторинга состояния разработанной наземной станции (температура, магнитное поле и т.д.) и ЖК-дисплея.

МКА передаёт некоторые данные, зашифрованные с помощью аффинного шифрования, с помощью УКВ на наземную станцию, которая наводится по одной горизонтальной оси на МКА и впоследствии декодирует полученное сообщение и выводит его на ЖК-дисплей вместе с показаниями датчиков самой наземной станции. Подробное пояснение про метод аффинного шифрования представлено в приложении 2.

ВАЖНО! Сообщения, передаваемые с МКА необходимо выбрать из списка, представленного в приложении 1 (одно обязательное, содержащее

градус, на который необходимо повернуть опорно-поворотную платформу для наведения на МКА, и любые три). Не допускается использование своих сообщений. Для кодирования сообщений можно использовать произвольные значения параметров a и b.

Сообщения на ЖК-дисплей выводятся по следующему циклическому алгоритму:

- вывод на ЖК-дисплей расшифрованного сообщения, принятого с МКА по радиоканалу, с новой строки;
- очистка экрана от всей информации;
- вывод на ЖК-дисплей показаний датчиков мониторинга состояния системы наземной станции в 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 данный параметр в единицах СИ (например, аналоговый датчик выдает значения от 0 до 1023; необходимо вывести комментарий относительно анализа значения по поставленным условиям). Все значения датчиков выводить на ЖК-дисплей в порядке произвольной очереди, с условием, что каждое новое показание выводится с новой строки;
- очистка экрана от всей информации.

Модель МКА должна питаться от батарейного блока, а наземная станция может получать питание от компьютера, к которому она подключена.

Наряду с разработкой технической составляющей модели МКА и наземной станции, требуется создать 3D-модель корпуса МКА и опорно-поворотной платформы. Подробные требования к корпусу описаны в разделе 5.

Состав комплекса изделий, которые необходимо разработать

В рамках задания необходимо реализовать два независимых устройства:

- модель МКА форм-фактора 1U/2U, состоящий из платы с

микроконтроллером (исполнительного устройства) и УКВ радиомодуля;

- модуль наземной станции, включающий в себя плату смикроконтроллером (исполнительное устройство), поворотный механизм (сервоприводы или моторы), датчики состояния разработанной наземной станции, радиомодуль и ЖК-дисплей.

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://arduinomaster.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.

4. Материалы и оборудование

Примерный перечень материалов для выполнения задания:

- Микроконтроллеры или одноплатные компьютеры (Arduino,Raspberry и пр.);
- поворотный механизм (сервоприводы или моторы);
- радиомодули (например, NRF24L01);
- ЖК-дисплей (например, MT-16S2H);
- датчики мониторинга параметров системы разработанной наземной станции;
- батарейный блок.

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 МКА должен быть реализован с соблюдением замечаний, указанных на чертеже (Рисунок 1):

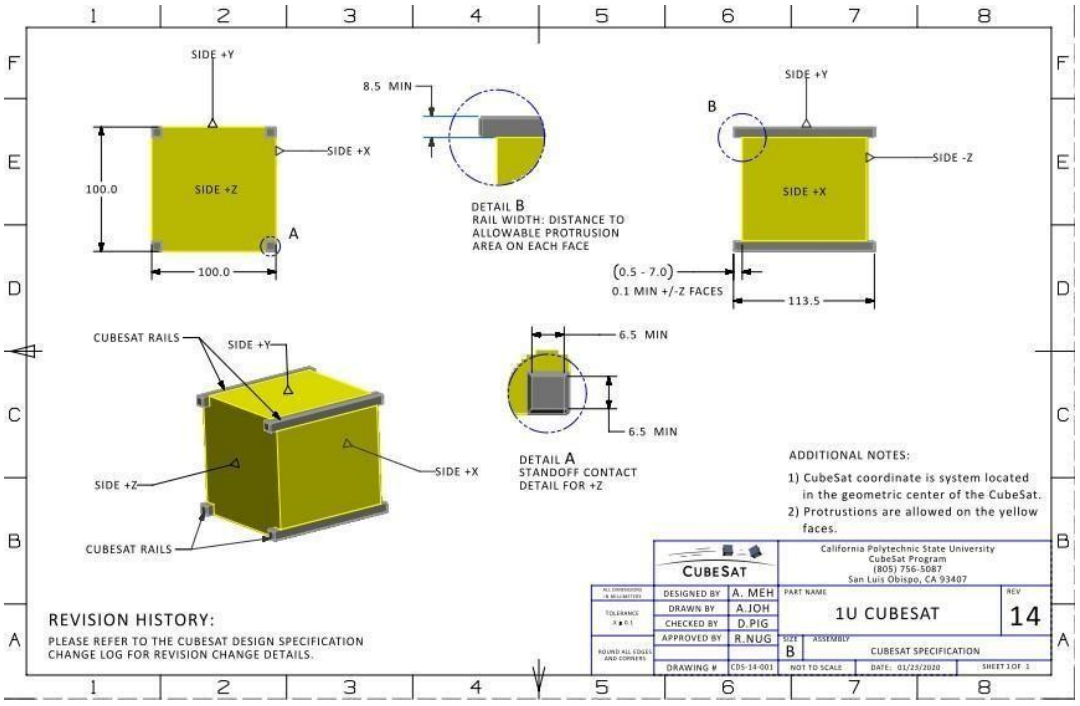

Рисунок 1. Чертеж спутника формфактора кубсат 1u

В дополнение к чертежу при проектировании спутника формфактора кубсат необходимо соблюдать следующие требования:

– никакие компоненты на сторонах, заштрихованных желтым цветом, не должны выступать дальше, чем на 6,5 мм по нормали кповерхности 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 соседниминаправляющими кубсата.

Необходимо предоставить трёхмерные модели корпуса МКА, 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:

- МКА;
- 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.

5.1. 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.
- 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:

- 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;
- включение модуля жидкокристаллического дисплея с демонстрацией его работы, включая отображение показаний одного из датчиков на дисплее с обновлением данных через короткие промежутки времени;
- 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.

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.
- 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] Режимдоступа: 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

Приложение 1.

Сообщения для передачи с УКВ радиомодуля

Примечание: передавать необходимо только содержимое кавычек, нумерация строк не входит в текст отправляемого сообщения!

Обязательное сообщение: "Azimuth: 127*"

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 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 делится 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	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

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

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) mod 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) \ 3	12	15	14
Исходная буква	М	П	О

где n - минимальное количество прибавлений m, чтобы ((x - b) + m*n) mod a = 0.

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

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] OK/ NOT OK (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.

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://arduinomaster.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

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):

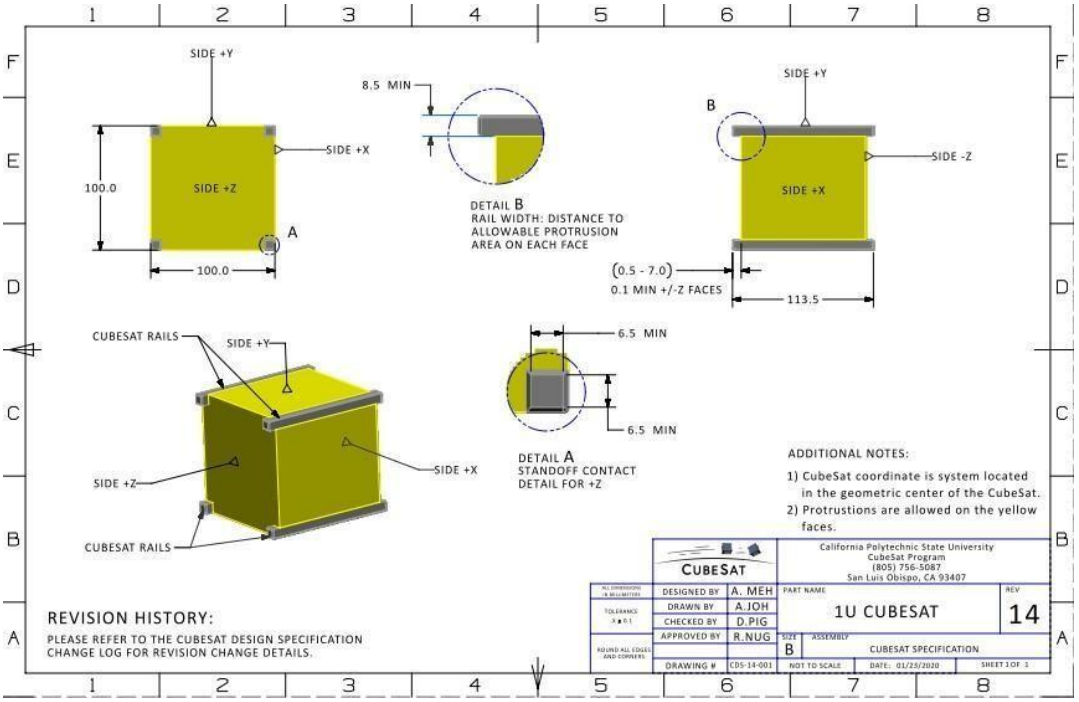

Рисунок 1. Чертеж спутника формфактора кубсат 1u

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 кповерхности 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 соседниминаправляющими кубсата.

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, .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.

5.1. 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.
- 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:

- 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;

- 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.

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.

- 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] Режимдоступа: 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

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 делится 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	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

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

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) mod 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) \ 3	12	15	14
Исходная буква	М	П	О

где n - минимальное количество прибавлений m, чтобы ((x - b) + m*n) mod a = 0.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

Модуль приёма, обработки и передачи данных

1. Формулировка задачи:

Малые космические аппараты – это аппараты, имеющие массу до 500 кг. Преимущественно такие космические аппараты запланированы Роскосмосом к запуску в рамках проекта «Сфера» — это российский проект глобальной многофункциональной инфокоммуникационной спутниковой системы для обеспечения доступа к сети Интернет, поддержки Интернета вещей, обслуживания беспилотного транспорта и многого другого там, где невозможно проложить оптоволокно, например, в высоких широтах, зонах тайги, тундры и вечной мерзлоты. 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 и собрать его функционирующий макет. В итоге 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. Устранение ошибок в передачи данных.
4. Определение время до сеанса связи на основе TLE малого космического аппарата и координат наземной станции приёма.

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. Размер передаваемого сообщения должен быть не менее 1 КБ, можно передавать картинку, например, используя стандарт Base64. 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:
   a. выбрать на основной наземной станции режим отправки сообщения без ретрансляции;
   b. отправить сообщение;
   c. проконтролировать получение сообщения на космическом аппарате;

б) передача сообщения с дополнительной наземной станции:
   a. выбрать на дополнительной наземной станции режим отправки сообщения без ретрансляции;
   b. отправить сообщение;
   c. проконтролировать получение сообщения на космическом аппарате;

в) ретрансляция сообщений с основной наземной станции на дополнительную станцию и, наоборот,
   a. выбрать на основной/дополнительной наземной станции режим отправки сообщения с ретрансляцией без подтверждения;
   b. отправить сообщение;
   c. проконтролировать получение сообщения на космическом аппарате;
   d. проконтролировать передачу сообщения с космического аппарата на дополнительную/основную наземную станцию;
   e. проконтролировать получение сообщения на дополнительной/основной наземной станции;

г) подтверждение доставки сообщения до наземной станции:
   a. выбрать на основной/дополнительной наземной станции режим отправки сообщения с ретрансляцией с подтверждением;
   b. отправить сообщение;
   c. проконтролировать получение сообщения на космическом аппарате;
   d. проконтролировать передачу сообщения с космического аппарата на дополнительную/основную наземную станцию;
   e. проконтролировать получение сообщения на дополнительной/основной наземной станции;
   f. проконтролировать отправку с дополнительной/основной наземной станции сигнала подтверждения доставки;
   g. проконтролировать получение сообщения подтверждения доставки на космическом аппарате;
   h. проконтролировать передачу сообщения подтверждения с космического аппарата на основную/дополнительную наземную станцию;
   i. проконтролировать получение сообщения на основной/ дополнительной 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.

Продемонстрировать работу устройства и программы, используя основную наземную станцию и передавая сообщение с указанием величины задержки или используя данные, получаемые на четвёртом этапе, или задаваемые самостоятельно. Например:

a. выбрать на основной наземной станции режим отправки сообщения с ретрансляцией с задержкой 17 секунд;
b. отправить сообщение;
c. проконтролировать получение сообщения на космическом аппарате;
d. выключить питание на основной наземной станции (для демонстрации корректности работы передатчика космического аппарата)
e. проконтролировать передачу сообщения с космического аппарата на дополнительную наземную станцию через 17 секунд;
f. проконтролировать получение сообщения на дополнительной наземной станции после окончания 17 секунд;

Этап 3. Устранение ошибок в передаче данных:

Разработать программу, которая будет анализировать и правильно интерпретировать полученные данные, в случае его искажения: при передаче данных, возможно возникновение ошибок – необходимо имитировать возникновение ошибок, например, если в одном передающемся пакете 1 бит информации будет изменён, программа должна обнаружить это изменение. Например, при передаче пакета "\xFE\x50\xBE", для которой соответствует битовая последовательность «111111100101000010111110», произошло изменение значения на 13 бите: «111111100101**1**00010111110», и пакет стал "\xFE\x58\xBE", при этом,

такой пакет в перечне команд не существует, и программа должна идентифицировать его как пакет "\xFE\x50\xBE". Задачу можно решить с использованием методов помехоустойчивого кодирования и циклических избыточных кодов, или запросом уточняющей информации.

Продемонстрировать работу разработанной программы, путем передачи команд с заранее искаженными информационными битами, с наземной станции и выполнении команд в соответствии с этапом 1:

а) Продемонстрировать выполнение передачи сообщения с основной наземной станции с искаженной командой
   a. выбрать на основной наземной станции режим отправки сообщения без ретрансляции с одним измененным битом в команде
   b. отправить сообщение;
   c. проконтролировать получение сообщения на космическом аппарате;
   d. проконтролировать наличие на космическом аппарате информации, о том, какой бит был исправлен 1;

б) ретрансляция сообщений с основной наземной станции на дополнительную станцию с искаженной командой
   a. выбрать на основной наземной станции режим отправки сообщения с ретрансляцией без подтверждения с одним измененным битом в команде;
   b. отправить сообщение;
   c. проконтролировать получение сообщения на космическом аппарате;
   d. проконтролировать наличие на космическом аппарате информации, о том, какой бит был исправлен 1;
   e. проконтролировать передачу сообщения с космического аппарата на дополнительную наземную станцию;
   f. проконтролировать получение сообщения на дополнительной наземной станции;

Этап 4. Определение времени до сеанса связи:

Разработать программу, использующуюся на модуле космического аппарата, вычисляющую время, необходимое для космического аппарата,

положение которого определяется по заранее задаваемым *TLE* данным, для достижения области, в которой возможна связь с наземной станцией связи. Считать, что передача возможна, когда космический аппарат и наземная станция находятся в зоне прямой радиовидимости, то есть, на кратчайшей прямой между космическим аппаратом и координатами наземной станции не находится планета Земля. 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 космического аппарата относительно наземной станции:

а) космический аппарат находится на другой стороне Земли относительно наземной станции;

б) космический аппарат находятся по одну сторону Земли с наземной станцией;

Продемонстрировать, как вычисляется время до сеанса связи и как применяется задержка сигналов для передачи сигнала между космическим аппаратом и наземной станцией после возникновения радиовидимости:

a. выбрать на основной наземной станции режим отправки сообщения с передачей данных TLE;
b. отправить сообщение;
c. проконтролировать получение сообщения на космическом аппарате;
d. выключить питание на основной наземной станции (для демонстрации корректности работы передатчика космического аппарата)
e. проконтролировать формирование результата вычисления задержки (если вычисленная задержка превышает 30 секунд, прервать работу программы и перейти к следующим данным TLE)
f. проконтролировать передачу сообщения с космического аппарата на дополнительную наземную станцию через рассчитанное значение секунд;
g. проконтролировать получение сообщения на дополнительной наземной станции после окончания рассчитанного значения секунд;

h. предусмотреть 3 варианта демонстрации TLE: спутник в зоне радиовидимости, спутник вне зоны радиовидимости, но будет доступен через короткое время, спутник вне зоны радиовидимости, но ожидание более 30 секунд. Результаты рекомендуется подтверждать с использованием средств визуализации орбит спутников, например Orbitron или GPredict.

Требования к макету:

- Размер устройства - не более 100 х 100 х 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 времени на основании передаваемых данные *TLE* не должна превышать 5 минут;
- Должна обеспечиваться непрерывная передача потоков данных (не менее 1 КБ);
- 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, аккумуляторные батареи.
- 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 жюри:

Демонстрация осуществляется с использованием видео, со следующей рекомендуемой хронологией:

- Представление команды и демонстрация макета спутника без включения, не более 1 минуты;

- Демонстрация включения макета спутника и представление перечня использованных технических решений для его реализации, не более 1 минуты;
- Демонстрация работы макета спутника согласно этапам, не менее 5, но не более 10 минут:
    - Приём и передача данных, до 2х минут
    - Управление задержкой передачи данных, до 2х минут
    - Устранение ошибок в передаче данных, до 3х минут
    - Определение времени до сеанса связи, до 3х минут

Весь порядок испытаний от подготовки к испытаниям до завершения последнего этапа должен быть записан на видео одним дублем без склейки и монтажа. В течение всего видео в кадре должны быть разработанные командой устройства и как минимум один из участников команды, выполняющий все операции с устройствами. Вход и выход участников, передача инструмента, деталей и других вещей из кадра недопустимы.

Допускается использование второй камеры для более детализированной демонстрации ключевых моментов. Видео должно быть со звуком и комментариями участников команды относительно проведения испытаний. На видеозаписи должно быть хорошо различимы все элементы, влияющие на оценивание результативности: размер устройства, инициализация устройства, результат функционирования устройства согласно испытаниям. В случае, если эксперты жюри не смогут по видеозаписи однозначно понять результат выполнения задания, принимается решение не в пользу участника.

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, T-flex, Компас 3D для 3d-моделирования;

Tinkercad, fritzing для моделирования электрических схем (Tinkercad 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 модулей связи в составе макета спутника;
- Модель элементов модуля обработки в составе макета спутника;
- Модель аккумуляторных батарей;
- крепления модулей связи к макету спутника;
- крепления элементов модуля обработки к макету спутника;
- крепления аккумуляторных батарей к макету спутника.

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

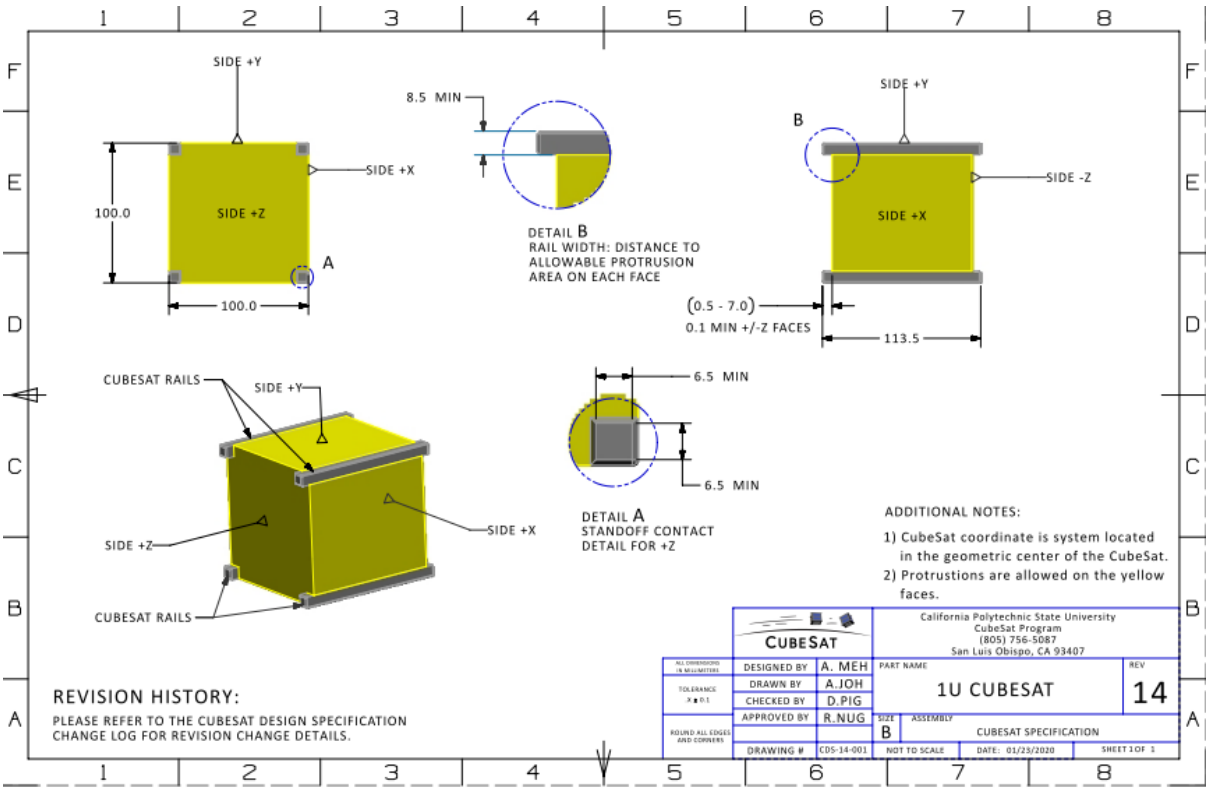

Рисунок 1 – Чертеж спутника форм-фактора Cubesat 1u

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);
- Трехмерная модель конструкции в формате stl;
- Электрическая (принципиальная) схема в формате скриншота или pdf;
- Демонстрация сборки продукта в виде одной или нескольких видеозаписей или последовательности картинок в отчёте, наглядно показывающих процесс сборки и размещения элементов внутри продукта;

- 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, графики), фотографии макета спутника и составляющих).
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
- 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
- RFC 4648 The Base16, Base32, and Base64 Data Encodings Электронный ресурс] - Режим доступа: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4648
- Гошин, Е. В. Теория информации и кодирования [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / Е. В. Гошин ; М-во

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

образования и науки Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева (Самар. ун-т). - Самара : Изд-во Самар. ун-та, 2018. - on-line. - ISBN = 978-5-7883-1260-6

Москва
2024/2025 уч. г.