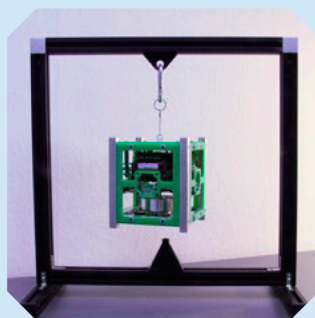
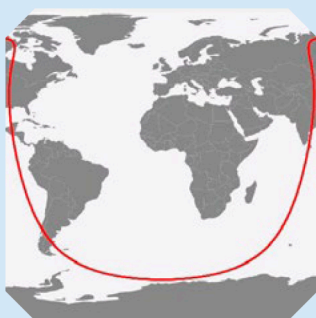
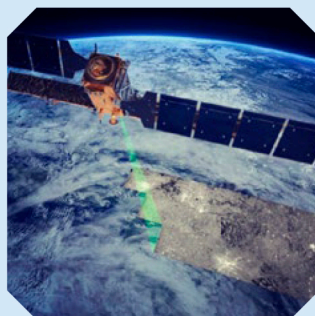
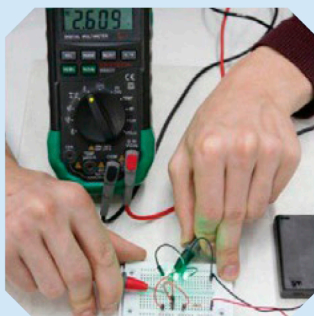
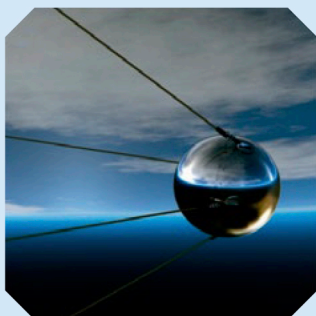


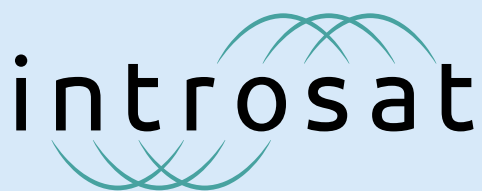
Комплексное решение  
для школьного курса  
по космонавтике

# Спутникостроение

*Учебное пособие. Под редакцией К. Ю. Якушиной, Е. А. Вениной, ноябрь 2020 г.*



Москва  
«Образование Будущего»  
2021



## ДАТЧИКИ НА СПУТНИКЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ОРИЕНТАЦИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

ДАННОЕ ПОСОБИЕ РАССМАТРИВАЕТ ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, А ТАКЖЕ ЯВЛЯЕТСЯ РУКОВОДСТВОМ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КУРСА ПО СПУТНИКОСТРОЕНИЮ НА БАЗЕ КОНСТРУКТОРА INTROSAT.

В ХОДЕ ЗАНЯТИЙ УЧАЩИЕСЯ СМОГУТ ИЗУЧИТЬ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ПОСТУПАЮЩЕЙ ОТ НИХ ИНФОРМАЦИИ, ОСВОИТЬ ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА И ПОНЯТЬ ЛОГИКУ ВЫСТРАИВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ КОМАНД, ПОЗНАКОМИТЬСЯ С ЗАДАЧЕЙ СТАБИЛИЗАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ И ЕГО ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОРИЕНТАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ.

КОНСТРУКТОР INTROSAT ПОЗВОЛЯЕТ ИЗУЧИТЬ АСПЕКТЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ОСУЩЕСТВИТЬ СБОРКУ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МАКЕТА СПУТНИКА ФОРМАТА CUBESAT. ДОПОЛНЕНИЯ К НАБОРУ ПОЗВОЛЯЮТ РАСШИРЯТЬ СПИСОК ИЗУЧАЕМЫХ ПОДСИСТЕМ И ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ СПУТНИКОВ.

## Рекомендации

### **Рекомендуемый размер группы:**

от 3 до 15 учащихся, по 3-4 человека на набор компонент.

**Уровень подготовки:** с 8-го по 11-й классы, возможна адаптация курса для 7-го класса и младше.

### **Базовые знания, которые помогут лучше усвоить курс:**

основные понятия в электричестве и электромагнетизме; законы вращательного движения, угловая скорость; инерция, закон сохранения энергии; первая космическая скорость, закон всемирного тяготения; основы алгоритмизации и программирования (переменные, циклы, условные операторы).



# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Предисловие от авторов</b>	<b>4</b>
<b>Техника безопасности при работе с конструктором IntroSat</b>	<b>5</b>
Требования безопасности	5
Рекомендации при работе с конструктором IntroSat	5
<b>Часть I: Введение</b>	<b>6</b>
Космические аппараты: что это такое?	6
<b>Часть II: Небесная механика</b>	<b>12</b>
Движение по орбите	13
Расчет кеплеровых элементов орбиты космического аппарата по заданным условиям	23
<b>Часть III: Датчики на спутнике</b>	<b>27</b>
Разбираемся в принципе работы потенциометра	28
Принцип работы датчика освещенности	37
Сборка стенда солнечной батареи	37
Программирование стенда умной солнечной батареи	42
<b>Часть III: Исполнительные устройства</b>	<b>47</b>
Способы ориентации космических аппаратов	48
Исследование стабилизации с использованием двигателя-маховика	54
Алгоритм стабилизации	61
<b>Часть IV: Ориентация в космическом пространстве</b>	<b>64</b>
Способы ориентации КА	64
Изучение ориентации по свету	67
<b>Приложение 1. Спецификация набора</b>	<b>73</b>
<b>Приложение 2. Инструкция по сборке подвеса</b>	<b>76</b>
<b>Приложение 3. Прошивка микроконтроллера через bluetooth-модуль</b>	<b>78</b>
<b>Список используемых источников</b>	<b>81</b>

Данное пособие предназначено для ведения занятий по космонавтике с теоретическими обзорами и практикумами на основе учебных конструкторов спутников семейства IntroSat™. Пособие входит в состав серии «Космическая профориентация», в совокупности составляющей комплексный курс инженерии прикладных космических систем для школьников и студентов; рассматриваемые в пособии учебные модули рекомендуются как начало соответствующего курса или как самостоятельный вводный курс спутнико-строения. Также, рассматриваемые темы и практические навыки входят в рекомендованную программу подготовки профиля «Спутниковые системы» Национальной Технологической Олимпиады и конкурсов серии «Прикладные космические системы» программы «Дежурный по планете».

Пособие ориентировано для преподавателей, но может быть использовано и учащимися.

В практической части учащимся предстоит работать с микроконтроллерами семейства STM32, широко распространенными в промышленности, в том числе в космической отрасли. Задания в составе курса развивают навыки программирования на примере прикладных задач и в практическом применении к современному оборудованию.

Применяемое в составе конструктора оборудование позволяет работать как в средах разработки, специально созданных для семейства STM32, так и в схожей, но более простой учебной среде Arduino IDE, что позволяет при необходимости адаптировать уровень задач. В качестве материалов, дополняющих данное пособие, можно использовать широко распространенные в интернете руководства и примеры по работе с Arduino.

Так как работа с оборудованием требует некоторой сноровки, то мы настоятельно рекомендуем перед тем, как начинать проводить занятия, пройти все этапы работы с ним самостоятельно.

В издании 2021 года учтен опыт реализации практикумов в составе курса за период с 2019 по 2021 год, а также последние версии компонентов конструкторов IntroSat™, актуальные на 2 полугодие 2021 года.

Загружаемые материалы по темам курса (презентации, библиотеки и прошивки для оборудования) доступны на сайте [introsat.ru](http://introsat.ru).

Настоящий курс активно развивается, и нам важно Ваше мнение и обратная связь. Если что-то не получается и/или Вы хотите больше узнать об актуальных возможностях для интересующихся космонавтикой школьников и студентов (образовательные программы, соревнования, проектные смены и другое), то пишите нам вопросы и обращения на почту [info@introsat.ru](mailto:info@introsat.ru), мы обязательно поможем.

# ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С КОНСТРУКТОРОМ INTROSAT

## ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Входящее в состав конструктора оборудование ориентировано на обучение прикладным инженерным навыкам (включая навыки разработки электрических схем и пайки), имеет открытую архитектуру и допускает совместную работу со многими сторонними компонентами. При этом работоспособность электронных компонентов и безопасность труда может быть обеспечена только при условии соблюдения соответствующих требований:

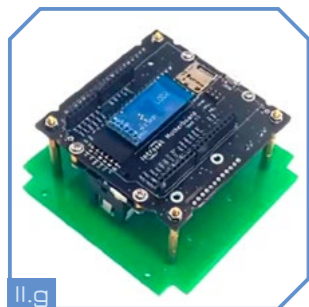
1. Не допускается работать с розетками, в которых заземление (или расширитель системы защиты от поражения электрическим током) отсутствует, или не соответствует установленным стандартам.
2. Не допускается подключение устройств к напряжению, не соответствующему указанному номиналу.
3. Не допускается подключение устройств к оборудованию (в т.ч. ПК), подключенному к незаземленной сети.
4. Не допускается использование печатных плат при их контакте с водой или иной токопроводящей жидкостью, в т.ч. с ее остаточными следами на поверхности.
5. Не допускается работа с оборудованием в помещениях с высокой влажностью.
6. Не допускается расположение плат на металлической или металлизированной поверхности при наличии на них напряжения.
7. Не допускается касание оголенных участков проводов незащищенными руками.
8. Не допускается отключение/подключение периферийных устройств к цепи с микроконтроллером при наличии в ней напряжения.
9. Не допускается использование сторонних источников питания.
10. При выявлении неисправности необходимо сразу же отключить устройство от питания.

11. При построении электрических цепей необходимо соблюдать правила построения электрических цепей и избегать появления короткого замыкания.
12. При коммутации плат по нескольким контактам необходимо внимательно следить за правильностью соединения контактов.
13. Не допускается эксплуатация аккумуляторов при наличии у них признаков механического повреждения, протекания и/или вздутия.
14. Не допускается эксплуатация аккумуляторов за пределами рабочего диапазона температур.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПРИ РАБОТЕ С КОНСТРУКТОРОМ INTROSAT

1. Рекомендуется использование приемов защиты от статического электричества в процессе работы с электронными устройствами в составе набора (использование антистатических поверхностей, инструментов, браслетов).
2. Перед прошивкой отладочной платы Blue Pill через ST-Link рекомендуется отключать плату управления маховиком и модуль питания от материнской платы.
3. Заряжать аккумулятор рекомендуется помощью зарядного устройства, идущего в комплекте, или в составе модуля питания. При зарядке загорается желтый диод. Когда аккумулятор заряжен, загорается зеленый диод.

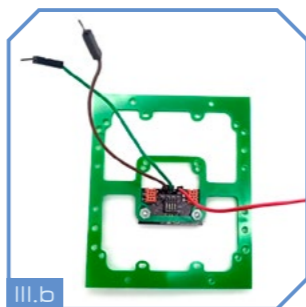
Будьте осторожны при подключении сторонних устройств. Конструктор спроектирован таким образом, что подключение ардуино-совместимой периферии к платам допустимо. Однако обратите внимание на крепления сторонних устройств – они не должны касаться компонентов плат. Для того, чтобы это предотвратить, можно воспользоваться изолирующими шайбами, которые идут в наборе.



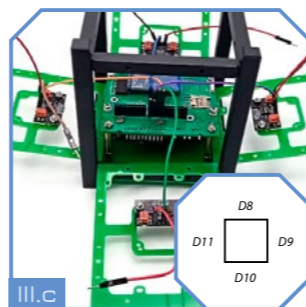
II.g



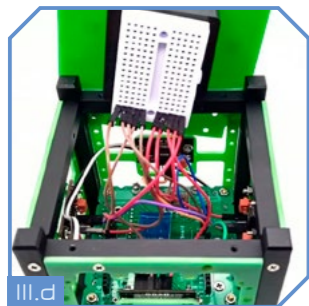
III.a



III.b



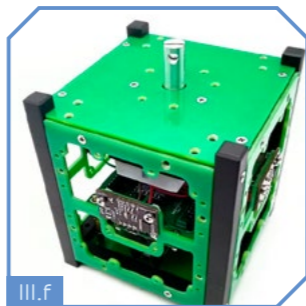
III.c



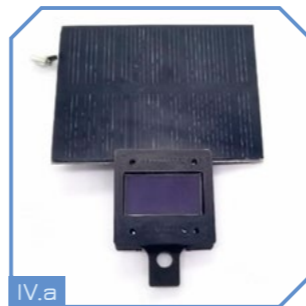
III.d



III.e



III.f



IV.a

Закрепите гайками модуль питания.

**III.g** Установите собранную материнскую плату на верхнюю панель с помощью межплатных стоек PCH5N-11 (для этого нужно будет соединить стойки между собой по 3 шт.) и гаек.

### III. Окончательная сборка и подключение

**III.a** Закрепите верхнюю панель на раме с помощью винтов M2.5x6 с потайной головкой.

**III.b** К каждому датчику подсоедините три провода к контактам GND, SCL и Vcc, как описывалось на предыдущем занятии.

**III.c** Каждый контакт SCL с датчика подсоедините к цифровому пину, например, D8, D9, D10, D11. Установите соответствие между гранью и пином, чтобы понимать расположение датчиков на кубсате.

**III.d** Закрепите боковые панели на раме с помощью винтов M2.5x6 с потайной головкой. Все контакты датчиков GND подсоедините к линейке пинов GND на плате прототипирования, а пины Vcc – к 3,3V.

**III.e** Входы шагового двигателя I4, I3, I2, I1 подключите к пинам D3, D4, D5 и D6 материнской платы. Выход SW1 соедините с пином D7. Подключите выход питания 5В материнской платы к разъему питания шагового двигателя при помощи соответствующего кабеля.

**III.f** Закрепите нижнюю панель на раме винтами M2.5x6.

### IV. Подготовка поворотной конструкции с солнечной батареей

**IV.a** Вставьте солнечную батарею в паз на торце корпуса амперметра. Присоедините провода от солнечной батареи к свободным контактам с обратной стороны амперметра, «+» к «+», «-» – к «-». Для включения переведите переключатель в положение «ON».

**IV.b** Поставьте собранный корпус на стол так, чтобы ось шагового двигателя смотрела вверх и установите конструкцию из амперметра с солнечной батареей на ось.

Стенд солнечной батареи представляет собой систему управления, способную определить самый сильный источник освещения, повернуть батарею к этому источнику и определить время до полного заряда. Определение источника освещения осуществляется путем измерения датчиками интенсивности света. Поворот солнечной батареи осуществляется посредством передачи управляющего сигнала двигателю, осуществляющему этот поворот.

### РЕЗУЛЬТАТ

В результате получаем готовый стенд солнечной батареи. Чтобы стенд начал работать, необходимо запрограммировать плату управления.

### ПОЛУЧАЕМЫЕ НАВЫКИ

Учащийся осваивает навык аккуратной сборки и развивает пространственное мышление.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

В качестве домашнего задания можно предложить ученикам продумать алгоритм работы стенда. На следующем заня-

тии можно рассмотреть предложенные учениками методы и реализовать их для проверки работоспособности.

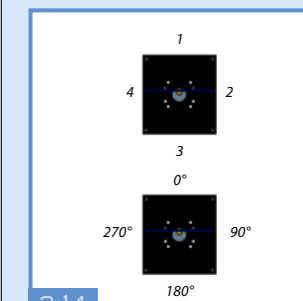
Знания  
К ПРАКТИКЕ III  
ПРОГРАММИРОВАНИЕ:  
АЛГОРИТМИЗАЦИЯ

Важным условием работы стенда солнечной батареи будет проектирование оптимального алгоритма работы системы датчиков. Система состоит из четырех датчиков, расположенных на сторонах куба. Предполагая, что источник освещения направлен перпендикулярно к стороне, а значит, и расположенному на ней датчику, можно создать систему управления, проверяющую состояние каждого датчика через некоторый промежуток времени и поворачивающую солнечную батарею параллельно наиболее освещенному датчику.

В результате у солнечной батареи будет только три состояния:

- поворот на 0° (параллельно датчику 1);
- поворот на 90° по часовой стрелке (параллельно датчику 2);
- поворот на 180° по часовой стрелке (параллельно датчику 3);
- поворот на 270° по часовой стрелке (параллельно датчику 4)

### 3.14 СХЕМА ВРАЩЕНИЯ СТЕНДА СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ



3.14

**Подробнее о заказе услуг и  
получения доступа к  
полной версии:**

**8 800 550 04 92**

[info@orbicraft.ru](mailto:info@orbicraft.ru)