

2. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. – Введ. 1982-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 2004. – 22 с.

3. Колесников, А.В. Испытания конструкций и систем космических аппаратов: курс лекций / А.В. Колесников - М.: Изд-во МАИ, 2007. - 105 с.

4. Малинский, В.Д. Контроль и испытания радиоаппаратуры / В.Д. Малинский. - Москва: Энергия, 1970. - 336 с.

5. Бахвалов, Ю.О. Испытания ракетно-космической техники. Введение в специальность: учебное пособие / Ю.О. Бахвалов - Москва: АИР, 2015. - 227 с.

6. Кучкин, В.Н. Теоретические основы разработки испытательного оборудования для ракетно-космической техники / В. Н. Кучкин, К. В. Кучкин, Г.Г. Сайдов; под ред. Г.Г. Сайдова. - Москва: Машиностроение: Машиностроение-Полет, 2014. - 358 с.

Демидов Алексей Алексеевич, аспирант каф. КТЭСиУ, Mlscompany@mail.ru

Быков Алексей Петрович, аспирант каф. КТЭСиУ, bykov.ap@gmail.com

Пиганов Михаил Николаевич, д.т.н., профессор каф. КТЭСиУ, piganov@ssau.ru

УДК 621.396.73

## **РАЗРАБОТКА ПЛАТЫ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИЕЙ АНТЕННЫ ПРИЕМА ТЕЛЕМЕТРИИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

В. А. Фомин, И. В. Лофицкий

«Самарский национальный исследовательский университет имени  
академика С.П. Королёва», г. Самара

**Ключевые слова:** печатная плата, антенна, блок управления.

Для решения некоторых задач малых космических аппаратов, таких как пикоспутник MiniSat, необходима передача информации наземным станциям для обработки и хранения данных. Для связи, как правило, используется технология беспроводной передачи данных LoRa, обладающая невысоким энергопотреблением и приемлемым радиусом действия (до 20 км). Однако данная технология не лишена и недостатков: при использовании в качестве приёмного элемента ненаправленной антенны возникает сильное затухание сигнала, вследствие чего происходит потеря пакетов данных. Для устранения данного недостатка нередко используются направленные антенны, но в таком случае возникает проблема наведения антенны на передающий аппарат, который постоянно меняет своё местоположение в пространстве. С целью решения данной проблемы был разработан блок управления ориентацией направленной антенны.

Элементами, приводящими в движение антенну, являются шаговые двигатели под управлением драйверов ТВ6560. В качестве

вычислительного ядра был выбран микроконтроллер STM32G070 как наиболее подходящий под данные задачи. Связь между микроконтроллером и драйверами шаговых двигателей осуществляется посредством широтно-импульсной модуляции (PWM), а также интерфейса ввода-вывода общего назначения (GPIO). Основным модулем, обеспечивающим приём сигнала, был выбран работающий по протоколу LoRa E220-400T22S. Структурная схема управляющего блока представлена на рисунке 1[1].

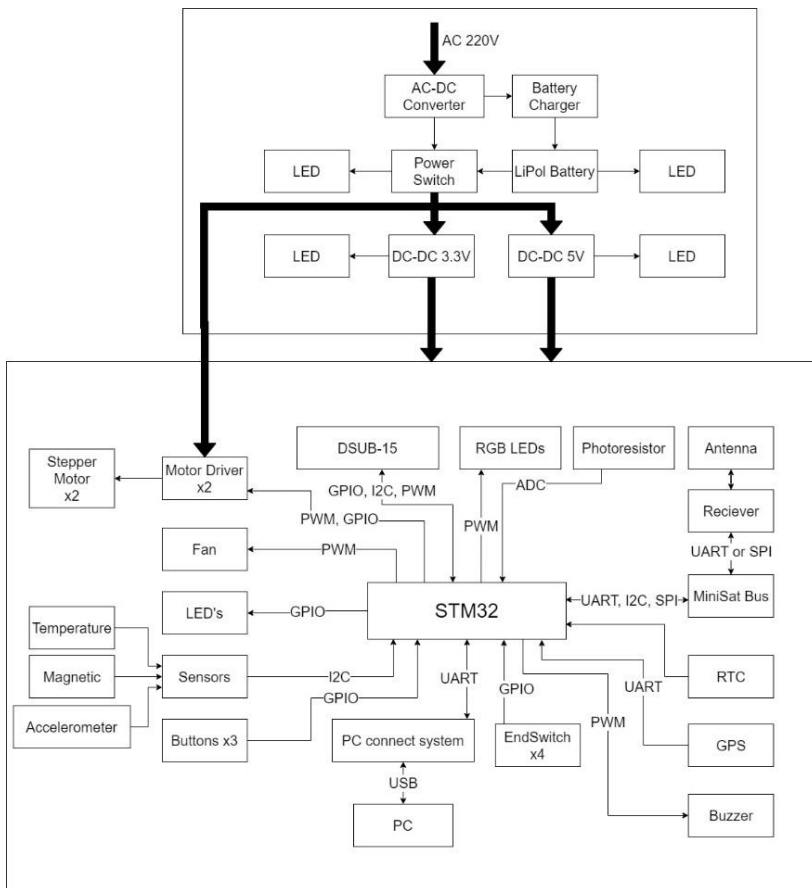


Рисунок 1 – Структурная схема управляющего блока

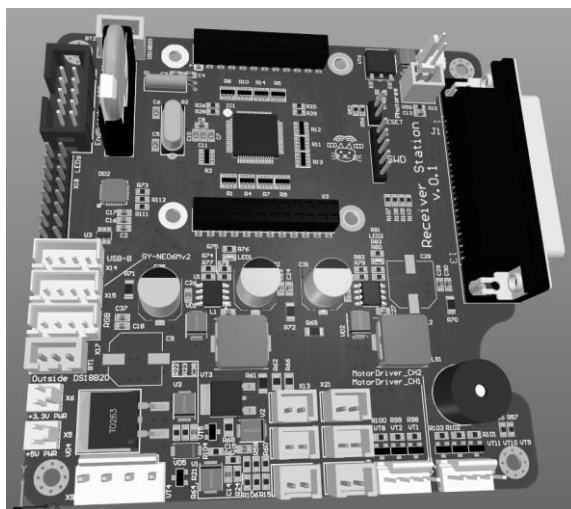


Рисунок 2 – 3D-модель печатной платы устройства (верхняя сторона)

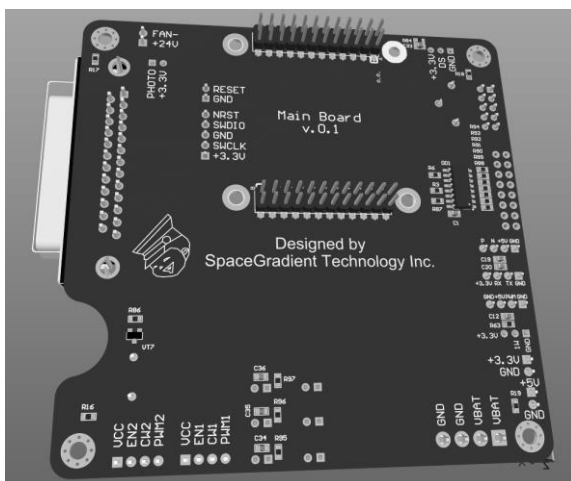


Рисунок 3 – 3D-модель печатной платы устройства (нижняя сторона)

В результате топологического проектирования в САПР Altium Designer 23 была разработана печатная плата (рисунки 2 и 3), а также получены все необходимые для её производства Gerber и BOM файлы. Посредством расширения PDN Analyzer для Altium Designer было проведено моделирование плотностей токов цепей питания (рисунок 4), в результате чего были выявлены и устранены ошибки в топологическом проектировании.

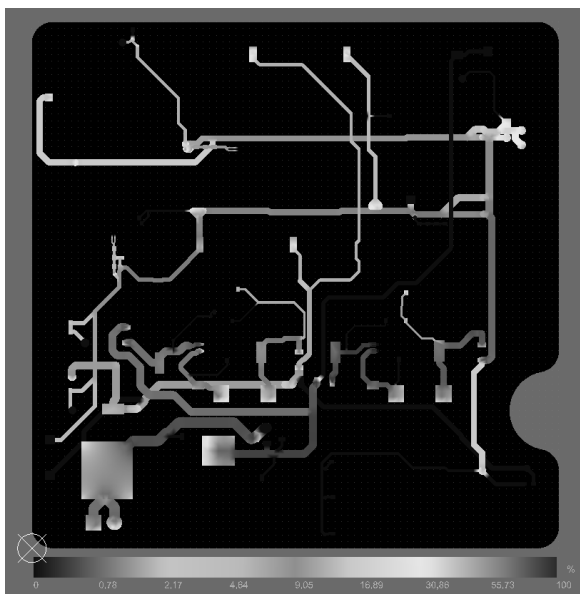


Рисунок 4 – Результат моделирования распределения плотностей токов цепей питания

#### Список использованных источников

1. Муромцев Д. Ю. – Проектирование функциональных узлов и модулей радиоэлектронных средств: учебное пособие для вузов / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин, О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 252с.

Фомин Владимир Анатольевич, студент гр. 6274-110403D, vladimir.fomin.1999@gmail.com  
 Лофицкий Игорь Вадимович, доцент кафедры КТЭСиУ, ivl60@mail.ru

УДК 621.539

### **ВЫБОР СПОСОБА И ТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОФИЛЯ ПАЙКИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ**

В.Е. Кутепова, С.Н. Барякаева, А.А. Денисюк  
 «Самарский национальный исследовательский университет имени  
 академика С.П. Королёва», г. Самара

Качество паяных соединений электронных компонентов с печатной платой РЭА во многом зависит от вида и стабильности температурного профиля оплавления припойной пасты. В данной работе был проведен анализ трех способов оплавления: конвекционный, ИК-нагрев и в парогазовой фазе. Они основываются на различных физических принципах