МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИМИТАТОРОМ СОЛНЦА ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ ПОДСИСТЕМ НАНОСПУТНИКА

А. С. Семенович

Белорусский государственный университет, г. Минск;
e-mail: alexser1999@gmail.com
науч. рук. – И. П. Стецко, канд. техн. наук, доцент

Для проведения экспериментов по наземному тестированию бортовых подсистем наноспутника создана автономная контрольно-измерительная система для имитатора Солнца на базе платформы Arduino Uno. Микропроцессорная система позволяет моделировать воздействие Солнца на бортовую аппаратуру ориентации, навигации и подсистемы энергоснабжения, проверять поведение в нештатных ситуациях.

Ключевые слова: имитатор Солнца; наземная программа отработки; наноспутник; контрольно-измерительная система на базе Arduino.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изготовление и запуск малых и сверхмалых космических аппаратов (МКА) в последнее десятилетие стали доступными широкому кругу пользователей. Программы запуска нано- и пикоспутников уже успешно реализованы во многих университетах США, России и Европы [1].

При малых габаритных размерах (10×10×30 см) и массе (менее 4 кг) подобные спутники тем не менее представляют собой сложный комплекс подсистем различного назначения (подсистема энергоснабжения, подсистема радиосвязи, подсистема ориентации и стабилизации, подсистема полезной нагрузки). Условия эксплуатации и функциональное назначение этих подсистем схожи с узлами больших спутников (спутники радиосвязи и дистанционного зондирования Земли), а, следовательно, и методы испытаний и тестирований должны быть подобными. Поэтому на стадиях проектирования МКА особое внимание уделяется наземным испытаниям с использованием специализированной аппаратуры.

На заре освоения космического пространства наземные испытания космических аппаратов проводили в основном методом физического моделирования. Полное воспроизведение внешнего воздействия (вакуум, солнечное излучение) – достаточно сложное и дорогостоящее испытание [2]. Поэтому при создании наноспутников для сокращения экономических затрат часто используют имитационное моделирование. Имитаторы позволяют с требуемой точностью воспроизвести характеристики воздействий в реальном масштабе времени. Например, проверка режимов заряда/разряда аккумуляторной батареи и питания бортовых сис-

тем от солнечных батарей в то время, когда наноспутник находится на солнечной стороне орбиты или в тени.

Создание управляемого источника солнечного излучения позволит имитировать орбитальное движение; моделировать воздействие Солнца на бортовую аппаратуру ориентации и навигации и подсистемы энергоснабжения, проверять поведение в нештатных ситуациях.

В составе стенда для проверки подсистемы стабилизации ориентации (рис. 1) в качестве источника солнечного излучения используется театральный прожектор EUROLITE Theatre 650/1000 с галогеновой лампой FVB-CP/70 (1 кВт, цветовая температура 3200 К, угол пучка 12 градусов, освещённость на расстоянии 1,5-2 м порядка 80 000 лк), входящий в состав стенда для имитации магнитного поля Земли. Важно знать, что срок службы такой лампы порядка 200 часов, а корпус прожектора разогревается до высоких температур).

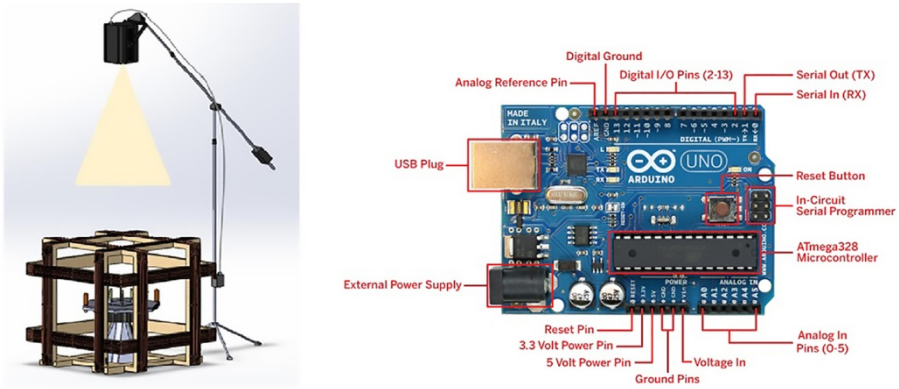

Рис. 1. Имитатор солнечного излучения (слева), внешний вид и возможности микропроцессорной системы Arduino UNO (справа).

В качестве платформы для создания системы управления была выбрана платформа с открытым кодом на основе микроконтроллера Arduino Uno и среды разработки с интерфейсом API (англ. application programming interface). В распоряжении разработчика есть библиотеки функций среды программирования и готовые программные модули для подключения периферийных устройств, аналоговых и цифровых датчиков.

Аппаратные средства системы Arduino Uno (рис. 1) включают в себя 8-ми разрядный AVR-микроконтроллер ATmega328P, узел электропитания и USB-интерфейс. Система предоставляет в распоряжение пользователя 14 цифровых входов или выходов, 6 из них можно использовать как аналоговый выход (8-разрядный ШИМ). Еще 6 входов могут принимать аналоговые сигналы (10-разрядный АЦП). В качестве цифровых интерфейсов предусмотрены шины SPI и I2C [3].

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

Система управления для имитатора солнечного излучения должна отслеживать факты включения для контроля времени наработки дорогостоящей лампы накаливания, обеспечивать беспроводное управление имитатором (для минимизации неоднородностей имитируемого магнитного поля стенда), измерять уровень освещённости в зоне эксперимента, контролировать температуру защитного кожуха прожектора для соблюдения условий пожарной безопасности при длительных экспериментах.

Структурная схема разработанной системы (рис. 2) состоит из двух основных модулей – силовая розетка для подключения имитатора и контрольно-измерительный блок на основе Arduino Uno.

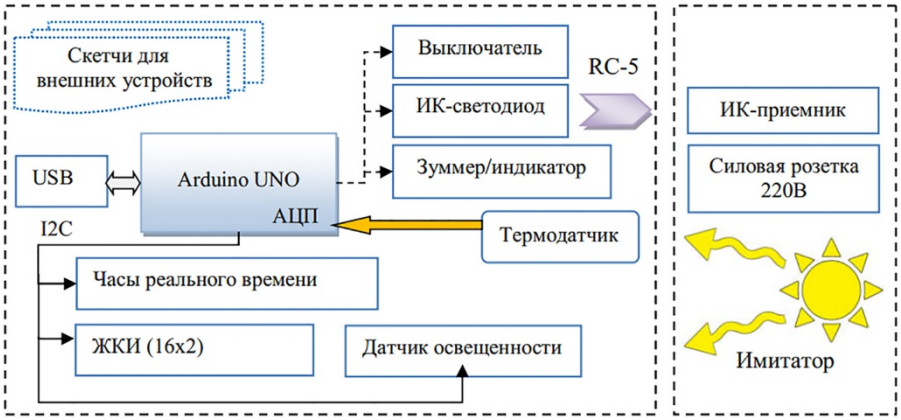

Рис. 2. Структурная схема микропроцессорной системы управления

Силовая розетка управляется удаленно с помощью инфракрасного (ИК) светодиода, подключённого к цифровому выходу микропроцессора (генератор последовательности импульсов в стандарте ИК-пульта RC-5).

Контрольно-измерительный блок содержит модуль часов реального времени (микросхема DS1307). Цифровой датчик освещённости (микросхема BH1750) предназначен для контроля уровня освещенности в области эксперимента. Жидкокристаллический символьный экран предназначен для вывода системного времени, состояния имитатора, уровня освещенности и температуры вблизи лампы прожектора. Датчик температуры (терморезистор) предназначен для измерения температуры прожектора. Акустический зуммер используется для индикации аварийных ситуаций (перегрев). Кнопка предназначена для включения и выключения имитатора в ручном режиме.

Внешний вид созданного прототипа системы представлен на рис. 3, в качестве прожектора использована лампа накаливания 40 Вт.

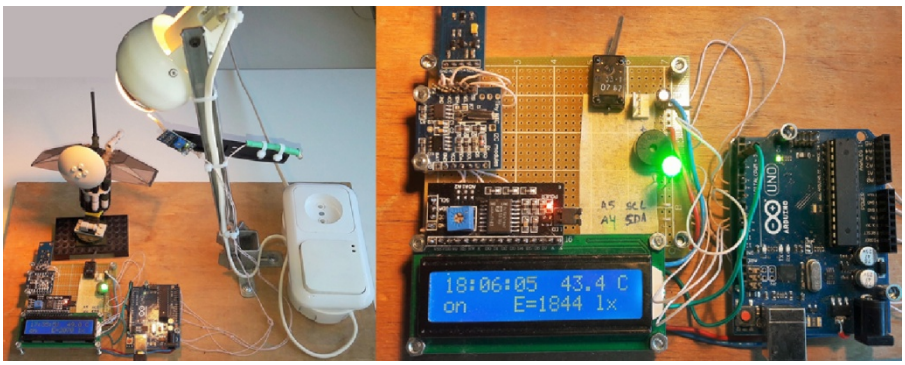

Рис. 3. Прототип микропроцессорной системы управления

Разработка и отладка программного обеспечения для микроконтроллера осуществлялась в среде Arduino IDE (бесплатная среда программирования) на языке программирования «C++» с использованием общедоступных программных модулей (библиотек), созданных инженерным сообществом.

Модули для работы с цифровыми датчиками и внешними устройствами опубликованы на условиях лицензии GPL, такая лицензия позволяет изменять программный код в своих целях. Так в процессе разработки оказалось, что ресурсов ATmega328P (ОЗУ 2 кБ, ПЗУ 27 кБ) недостаточно для того, чтобы одновременно использовать несколько библиотек, поэтому код был оптимизирован под доступные ресурсы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе исследования была предложена архитектура и изготовлен полнофункциональный прототип микропроцессорной системы для контроля режимов работы имитатора солнечного излучения.

Созданный макет позволяет принимать и обрабатывать команды оператора, дистанционно передавать сигналы управления и контролировать режим работы, температуру и освещенность в процессе экспериментальной отработки алгоритмов для бортовых подсистем наноспутников.

Библиографические ссылки

1. Малые космические аппараты: пособие для студентов факультетов радиофизики и компьютерных технологий, мех.-мат. и геогр. / С. В. Абламейко, В. А. Саечников, А. А. Спиридонов. – Минск : БГУ, 2012. – 159 с.
2. Федченко Д.А., Горелко М.Г. Применение лабораторных комплексов модульного типа для решения задач наземных испытаний систем ориентации и стабилизации космических аппаратов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №1-1; [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19571 (дата обращения: 26.05.2018).
3.Соммер Улли. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino. Электроника. – С.-Пб.: БХВПетербург, 2012. – 256 с.