

УДК 62-83-52

СИСТЕМА ОЦЕНКИ ПОЛОЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

В. А. Савельев, И. С. Семеницкий

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Поставлена цель создания модели беспилотного летательного аппарата (БПЛА) мультироторного типа (квадрокоптер) на базе микроконтроллера STM32F4 и датчика пространственного положения MPU6050. Разработаны функциональная и принципиальная схемы отладочной платы устройства, получена программная реализация системы оценки положения БПЛА на основе цифрового процессора движения (DMP) датчика MPU6050.

Ключевые слова: беспилотное летательное средство, квадрокоптер, система стабилизации положения, гироскоп, акселерометр, MPU6050, STM32F4.

THE SYSTEM OF ESTIMATING THE POSITION OF THE DRONE

V. A. Saveliev, I. S. Semenitsky

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The aim of the project is to create a model of multirotor UAV (quadrocopter) based on STM32F4 microcontroller and spatial position sensor MPU6050.

During the work on the project functional and circuit diagrams of the debugging device board were developed, the software implementation of the evaluation system of the UAV position based on the digital motion processor (DMP) sensor MPU6050 was obtained.

Keywords: unmanned aerial vehicle, quadrocopter, position stabilization system, gyroscope, accelerometer, MPU6050, STM32F4.

Беспилотные летательные аппараты применяются везде, где необходим обзор местности и мониторинг объектов с воздуха. Благодаря размещению различного оборудования на борту БПЛА, последние могут решать задачи получения тепловых карт, создания сложных изображений объекта, видеомониторинга объектов, инспекции качества воздуха и др. Такие аппараты помогают минимизировать риски для персонала, сократить издержки, оптимизировать работу предприятия и оперативно контролировать обстановку.

Таким образом, актуальной является задача разработки аппаратных и программных средств оценки и стабилизации положения БПЛА.

В рассматриваемом проекте поставлена цель создания модели БПЛА мультироторного типа (квадрокоптер) на базе микроконтроллера STM32F407 [1] и датчика пространственного положения MPU6050 [2].

В ходе работы над проектом разработана функциональная схема отладочной платы устройства (рис. 1).

В проекте использован микроконтроллер семейства STM32F4, что дает следующие преимущества:

– наличие четырехканальных таймеров с 32-битными регистрами счета позволяет легко организовать захват широтно-импульсной модуляции (ШИМ) сигналов с пульта управления и передавать их на моторы БПЛА;

– наличие модуля прямого доступа к памяти (DMA) позволяет разгрузить микропроцессор от операций распределения данных в памяти, это в свое же время позволяет использовать свободное время процессора для обработки данных с других датчиков;

– микроконтроллер STM32F407 может работать на частоте до 168 МГц, что позволяет ему выполнять вычисления намного быстрее конкурирующих микроконтроллеров;

– на борту микроконтроллера STM32F407 имеется огромное количество интерфейсов связи, что позволяет подключить все необходимые датчики.

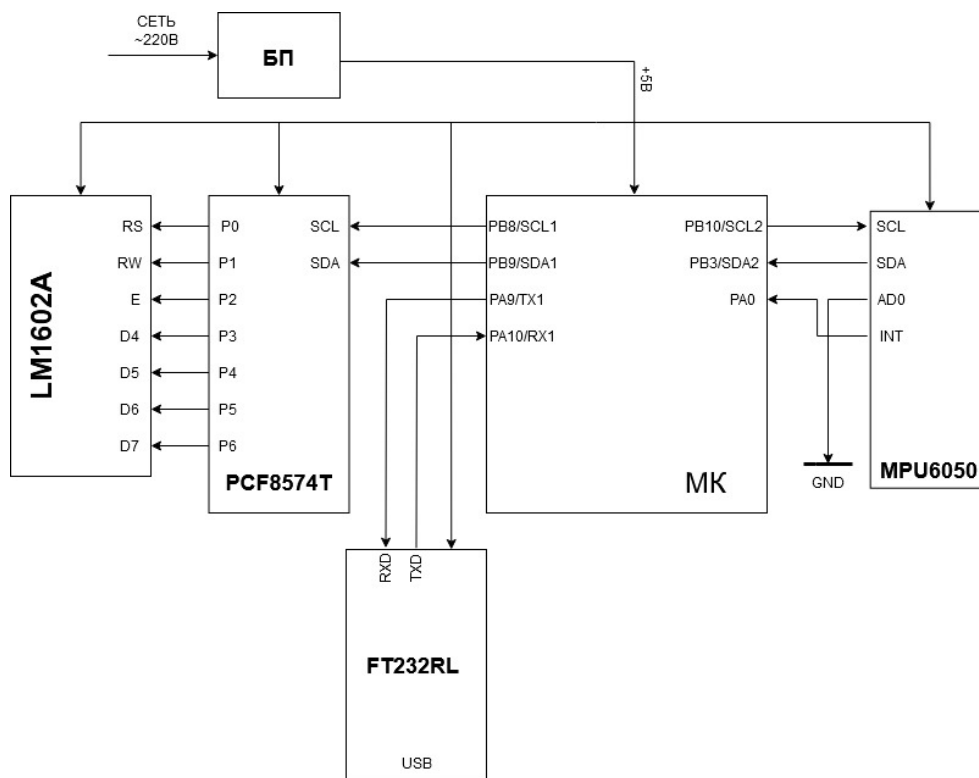


Рис. 1. Функциональная схема отладочной платы устройства

Для стабилизации положения БПЛА в пространстве используется датчик MPU6050, содержащий на борту трехосевой акселерометр и трехосевой гироскоп. Кроме того, MPU6050 содержит цифровой процессор движения (Digital Motion Processor – DMP), который позволяет обрабатывать данные, получаемые от гироскопа и акселерометра, и формировать на выходе как отфильтрованные значения угловых ускорений и векторов силы тяжести, так и значения кватернионов положения объекта. Это позволяет снять с микроконтроллера значительную часть вычислительной нагрузки, необходимой для фильтрации данных, приходящих от датчика, с помощью программных алгоритмов фильтрации Махони или Маджвика [3]. Датчик MPU6050 передает данные по интерфейсу I2C на частоте 400 кГц. Данные, поступающие от MPU6050, обрабатываются микроконтроллером по внешнему прерыванию, приходящему от датчика. В итоге задача микроконтроллера сводится к расчету углов наклона БПЛА на основе значений кватернионов, расчету ПИД-регуляторов и формированию ШИМ-сигналов на каждый из четырех моторов БПЛА.

Принципиальная схема платы устройства изображена на рис. 2.

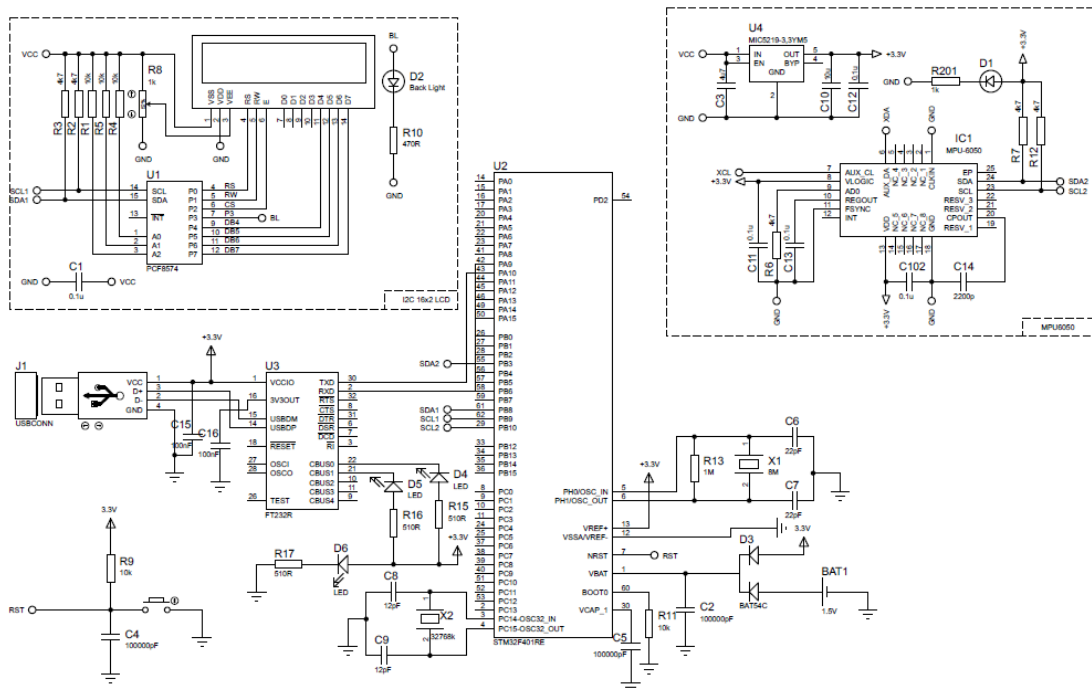


Рис. 2. Принципиальная схема отладочной платы устройства

При работе над проектом использовалось программное обеспечение Serial Plot, позволяющее визуализировать данные о пространственном положении БПЛА, передаваемые через последовательный интерфейс UART микроконтроллера. На рис. 3 показана диаграмма изменения угла наклона по оси тангажа (pitch) при использовании DMP.

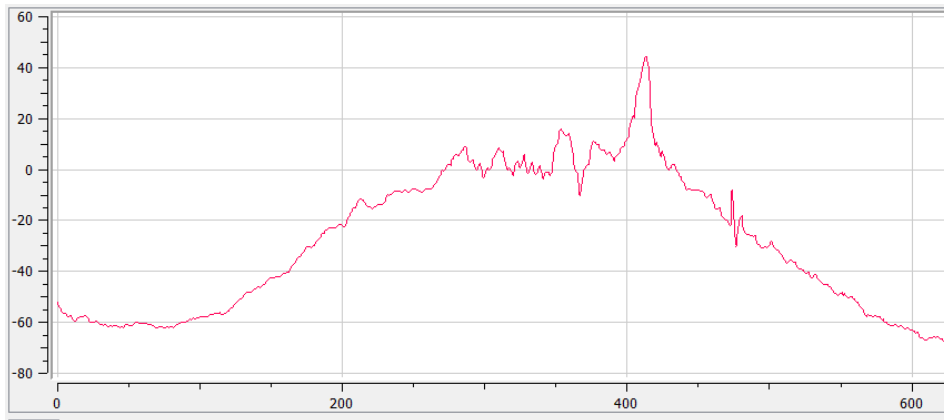


Рис. 3. Диаграмма изменения угла наклона по оси тангажа

В ходе дальнейшей работы над проектом планируется выполнить стендовые исследования системы стабилизации положения БПЛА, а также произвести пробный запуск модели БПЛА.

Литература

1. STM32F407/417. – Режим доступа: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f407-417.html>. – Дата доступа: 10.09.2022.
2. Анализ данных MPU6050. – Режим доступа: <https://russianblogs.com/article/6012840510/>. – Дата доступа: 10.09.2022.
3. Madgwick, S. O. H. An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays / S. O. H. Madgwick. – Режим доступа: https://x-io.co.uk/downloads/madgwick_internal_report.pdf. – Дата доступа: 10.09.2022.

УДК 621.317.39

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИМИТАТОРА ЭЛЕКТРОДНОЙ СИСТЕМЫ И-02**Л. А. Захаренко, В. А. Карпов***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь**Представлены результаты работы по модернизации имитатора электродной систем И-02 с применением прецизионного 16-битного цифро-аналогового преобразователя.***Ключевые слова:** цифро-аналоговое преобразование, потенциометрический метод измерения, рН-метр.**MODERNIZATION OF I-02 ELECTRODE SYSTEM SIMULATOR****L. A. Zakharenko, V. A. Karpov***Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus**The results of work on the modernization of the I-02 electrode system simulator using a precision 16-bit digital-to-analog converter are presented.***Keywords:** digital-to-analog conversion, potentiometric measurement method, pH meter.

Имитатор электродной системы И-02 предназначен для проверки работоспособности рН-метров, редоксометров и рХ-метров (иономеров) в условиях производственных цехов и мастерских контрольно-измерительных приборов (КИП) (рис. 1).

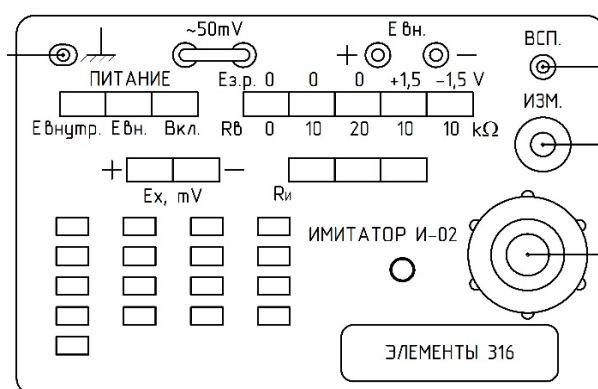


Рис. 1. Лицевая панель имитатора

Основные технические характеристики [1]:

– диапазоны выходного напряжения имитатора от 0 до ± 2011 мВ с дискретностью установки 0,1 мВ;