

СРАВНЕНИЕ РЕШЕНИЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ARDUINO UNO И НА USB-6009 В ПРОГРАММЕ LABVIEW

О.А. Морякова

oxi1996@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Рассматриваются вопросы внедрения микропроцессорной сборки Arduino Uno как дешевого и доступного аналога устройства сбора данных USB-6009 компании National Instruments, применяемого при разработке лазерной измерительной системы мутности жидкости. Система основана на фиксации пропускания и рассеяния света с помощью фотодатчиков — турбидиметрического и нефелометрического. Она учитывает температуру окружающей среды и образца жидкости, поэтому в ней присутствуют термодатчики. В качестве сигналов датчиков система использует напряжения, получаемые с потенциометров (имитаторов фотоприемников). Такое устройство системы дает возможность без ее существенного усложнения добавлением опτικο-электронной части отлаживать и сравнивать решения, полученные с использованием Arduino Uno и USB-6009, при абсолютно равных условиях. Программно-аппаратное решение для работы с этими платформами представлено в среде программирования LabVIEW и приведена его структурно-функциональная схема.

Ключевые слова

LabVIEW, NI USB-6009, Arduino Uno, турбидиметр, нефелометр, мутность жидкости, лазерная измерительная система, автоматизация

Поступила в редакцию 04.10.2017

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017

Введение. Важным показателем качества воды, используемой в любых целях, является наличие механических примесей — взвешенных частиц веществ, твердых частиц ила, глины, водорослей и микроорганизмов. Взвешенные в жидкости твердые частицы нарушают прохождение света через нее и формируют ее количественную характеристику, называемую мутностью. По мутности не прямо определяется количество взвеси в жидкости, а измеряется величина рассеяния света на взвешенных частицах [1]. К анализатору мутности относится турбидиметр, использующий фотометрический принцип и определяющий поглощение в слое анализируемого вещества при условии, что источник излучения и детектор расположены на одной оси. В нефелометрах для определения мутности используется принцип светорассеяния, определяемого под углом к источнику 90°.

Постановка задачи. Целью настоящей работы является проверка замены устройства сбора и генерации сигналов данных USB-6009 на бюджетное решение — Arduino Uno с использованием среды LabVIEW 2012. Для достижения этого требуется решить следующие задачи:

- изучить принцип работы микропроцессорной сборки Arduino Uno;
- связать Arduino Uno с LabVIEW 2012;
- построить новую блок-схему для функционирования системы.

Технология измерения мутности. За основу построения системы была взята ранее разработанная система измерения мутности жидкости на базе устройства сбора данных NI (National Instruments) USB-6009. Она включала в себя источник лазерного излучения, диэлектрические зеркала, опорный датчик, образец с жидкостью, нефелометрический датчик и турбидиметрический датчик (рис. 1). Источником лазерного излучения является полупроводниковый лазер с длиной волны 650 нм и мощностью 25 мВт. На пути лазерного луча под углом 45° расположено диэлектрическое зеркало с коэффициентом отражения света 7–8 %, отраженная часть света попадет на опорный датчик. Прошедшая часть излучения попадает на образец с жидкостью, рассеивается на нем и поступает на нефелометрический и турбидиметрический датчики. Опорный датчик используется для нормировки сигналов с нефелометрического и турбидиметрического датчиков. Это обеспечивает независимость результатов измерений от нестабильности лазерного излучения, вызванного различными факторами, в том числе нестабильностью питания и загрязнением оптики.

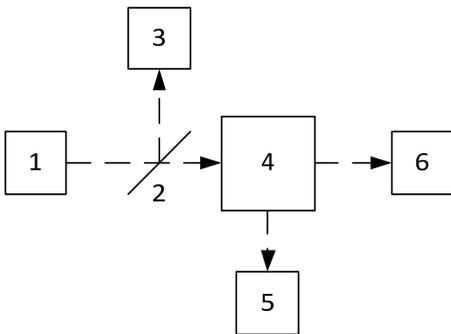


Рис. 1. Схема оптических измерений автоматизированной измерительной лазерной системы:

1 — лазер; 2 — диэлектрическое зеркало; 3 — опорный датчик; 4 — образец; 5 — нефелометрический датчик; 6 — турбидиметрический датчик



Рис. 2. Кювета (опытный образец)

Образец с жидкостью представляет собой кювету, изготовленную из кварца и заполненную исследуемой жидкостью. Внешние размеры кюветы 45×12,5×12,5 мм, оптический путь 10 мм (рис. 2).

Измерительная система для строгого сравнения решений представляет собой некую модель реальной системы, в которой все фото- и термодатчики заменены потенциометрами. Сигналы с них считаются сигналами приемников. В качестве опорного сигнала лазера использовался симулированный в программе NI LabVIEW 2012 сигнал.

Описание решения. Чтобы заменить одну USB-6009 на Arduino Uno, необходимо провести сравнение характеристик этих двух устройств, представленных в таблице.

Сравнение характеристик USB-6009 и Arduino Uno

Характеристика	USB-6009	Arduino UNO
Питание	От USB	От USB или от внешнего источника (батарея, электросеть)
Выход источника питания	+5 В	+5 В
Количество каналов аналогового ввода	8	6
Количество каналов цифрового ввода/вывода	12	14
Разрядность и быстродействие	14 бит и 48 кГц	8 бит и 20 МГц

Анализ характеристик двух устройств показал, что USB-6009 можно заменить на Arduino Uno, причем на быстродействии системы это не отразит. Чтобы показать работоспособность двух решений, систему разделили на два параллельных канала изменения (рис. 3):

- температуры окружающей среды и образца с помощью USB-6009 — устройство генерирует сигналы через каналы цифрового вывода для работы мультиплексора, а также снимает данные с датчиков через канал ввода аналогового сигнала;
- пропускания и рассеяния света с помощью Arduino Uno, — только через каналы аналогового ввода.

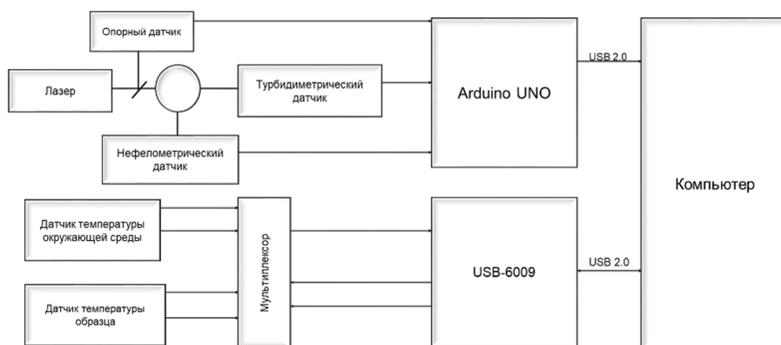


Рис. 3. Структурная схема автоматизированной лазерной измерительной системы

В качестве мультиплексора в этой системе используется отечественная микросхема К561КП1 [2] — это два 4-канальных мультиплексора, которые переключаются синхронно. Время переключения коммутатора при поступлении сигнала разрешения по входу V составляет 600 нс, при смене адреса канала — 400 нс. Микросхема дает возможность снимать данные с четырех каналов, при этом использовать только один канал аналого-цифрового преобразователя.

Структурно-функциональная схема автоматизированной лазерной измерительной системы представлена на рис. 4. Arduino Uno снимает данные с фотометрических датчиков (потенциометров R_{p1}, R_{p2}, R_{p3}), а USB-6009 — с температурных (потенциометров R_{p4}, R_{p5}) [3]. Потенциометры последовательно вклю-

чены с резисторами такого же номинала, следовательно, в них протекает одинаковый ток, равный

$$I_i = \frac{U_{R_i}}{R_i},$$

где U_{R_i} — напряжение в резисторе R_i для $i = 1 \dots 5$.

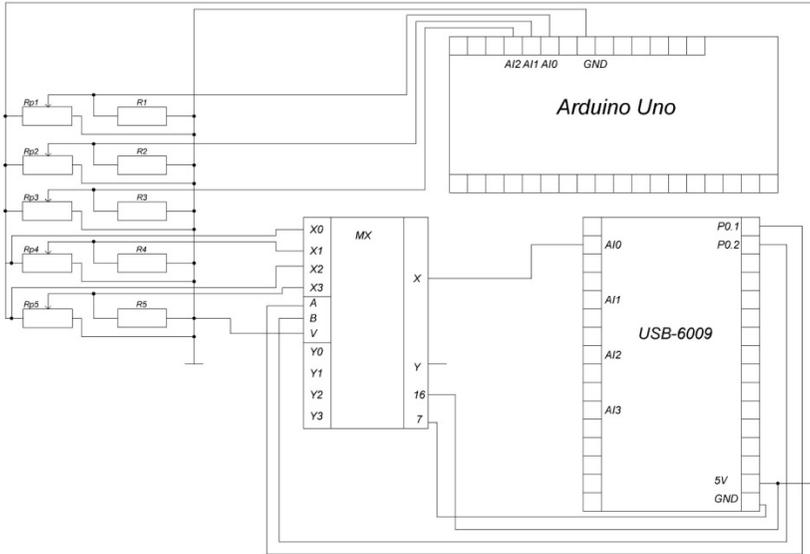


Рис. 4. Структурно-функциональная схема автоматизированной лазерной измерительной системы

Для определения температуры необходимо знать напряжение $U_{R_{p_i}}$ и U_{R_i} , где $U_{R_{p_i}}$ — напряжение на резисторах $R_i + R_{p_i}$. Сопротивление потенциометров R_{p_4} и R_{p_5} определяют по формуле

$$R_{p_i} = \frac{(U_{R_{p_i}} - U_{R_i}) R_i}{U_{R_i}},$$

где $i = 4, 5$.

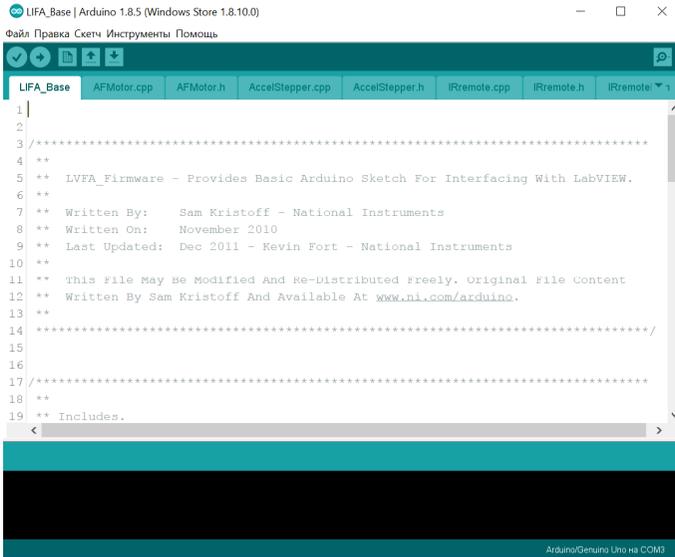
Таким образом, для двух датчиков температуры снимается четыре напряжения, которые передаются по очереди с помощью мультиплексора МХ.

Для определения сопротивления потенциометров $R_{p_1}, R_{p_2}, R_{p_3}$ достаточно снять напряжения с нагрузочных резисторов R_1, R_2, R_3 через каналы аналогового ввода A10, A11, A12 на Arduino Uno соответственно [4, 5].

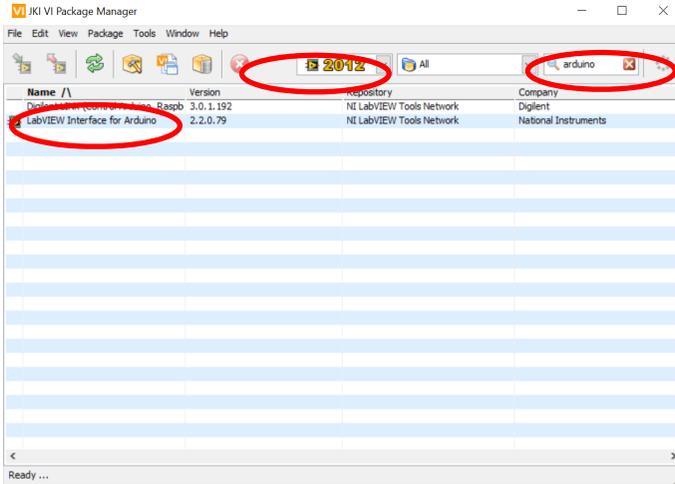
Программное решение разработано в программе NI LabVIEW 2012 [6–9]. USB-6009 является продуктом National Instruments, поэтому, чтобы работать с ним в LabVIEW, было необходимо воспользоваться библиотекой DAQmx на сайте ni.com.

Для работы с Arduino Uno следовало загрузить в нее драйверы LabVIEW Interface for Arduino через программатор Arduino Ide (рис. 5, а) с сайта

arduino.cc. Драйверы можно найти в программе VI Package Manager (рис. 5, б) на сайте virm.jki.net. После их выполнения в LabVIEW 2012 появится библиотека Arduino (рис. 5, в) [10].



а



б



в

Рис. 5. Последовательность действий при установке драйверов для работы Arduino Uno в программе LabVIEW 2012

Разработана блок-схема виртуального прибора для автоматизированной лазерной измерительной системы (рис. 6). Из рис. 6 видно, что USB-6009 снимает данные через один канал, и в зависимости от итерации цикла разделяет сигналы, принятые со входного канала. Данные обрабатываются с помощью двух подприборов: усреднение и вычисление температуры. Arduino Uno запускается с помощью подприбора Init, снимает данные с фотодатчиков с помощью стандартных подприборов из библиотеки Arduino, результаты измерений обрабатываются, выводятся на панель и подпрограмма Close завершает работу с Arduino. Все это находится в цикле While, пока не будет нажата кнопка «Стоп».

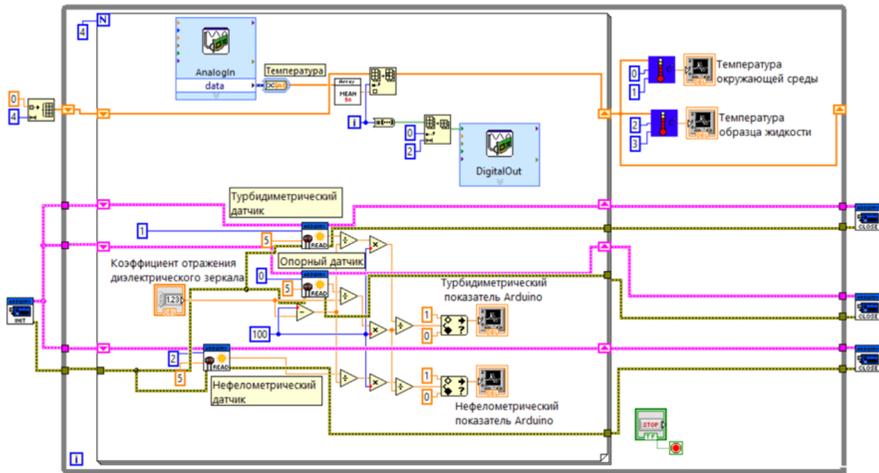


Рис. 6. Блок-схема ВП автоматизированной лазерной измерительной системы

На лицевой панели виртуального прибора (рис. 7) видны значения температуры окружающей среды и образцы жидкости и турбидиметрический

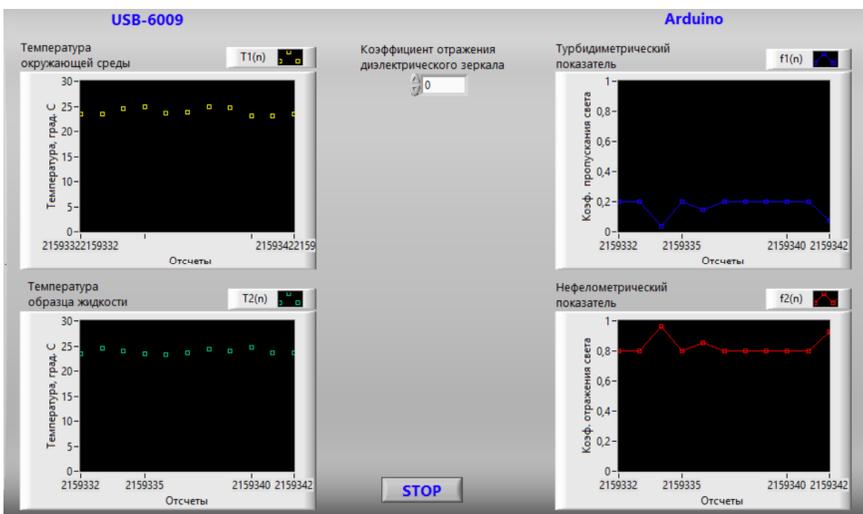


Рис. 7. Лицевая панель виртуального прибора автоматизированной лазерной измерительной системы

и нефелометрический показатели. Также можно задать коэффициент отражения диэлектрического зеркала. На рис. 8 представлена модель автоматизированной лазерной измерительной системы, собранная на макетной плате breadboard.

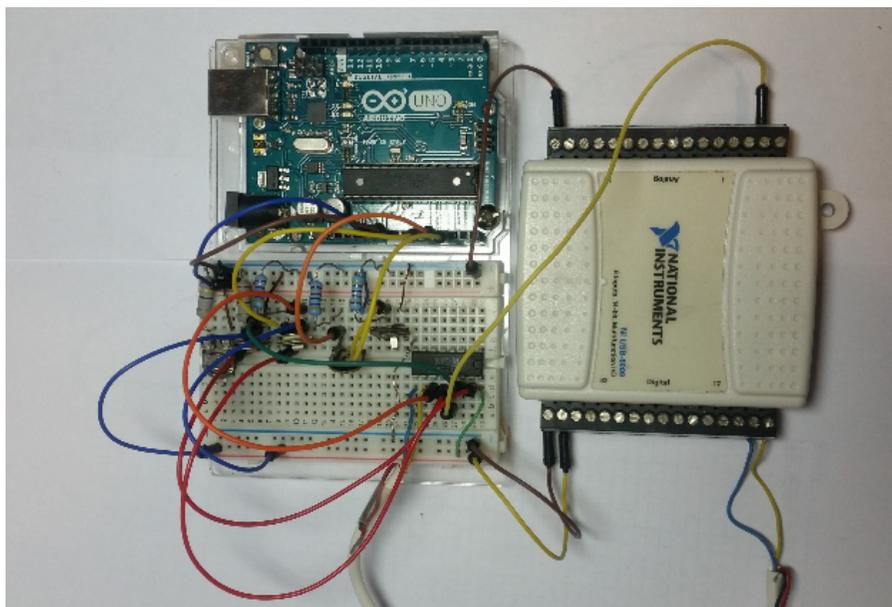


Рис. 8. Модель автоматизированной лазерной измерительной системы, собранная на макетной плате breadboard

Выводы. Таким образом, в результате проведенных исследований разработана автоматизированная лазерная измерительная система, которая может работать как на базе USB-6009, так и на Arduino Uno в программе LabVIEW. Показано, что быстродействие системы не изменяется при замене устройства сбора данных. Большое значение в данном случае играет стоимость этих двух платформ — Arduino Uno является более доступной. Проведены испытания системы, в ходе которых было изучено, как будут изменяться кривые зависимостей турбидиметрического и нефелометрического датчиков от времени и температуры.

Литература

- [1] Булатов М.И., Калинин И.П. *Практическое руководство по фотометрическим методам анализа*. Ленинград, Химия, 1986, 432 с.
- [2] *Все отечественные микросхемы*. Москва, Издательский дом Додэка-XXI, 2004, 400 с.
- [3] Петин В. *Проекты с использованием контроллера Arduino*. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2015, 464 с.
- [4] Ревич Ю. В. *Занимательная электроника*. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2015, 576 с.
- [5] Карвинен Т., Карвинен К., Валтокари В. *Делаем сенсоры: проекты сенсорных устройств на базе Arduino и Raspberry Pi*. Москва, Издательский дом Вильямс, 2015, 432 с.
- [6] Суранов А.Я. *LabVIEW 8.20: Справочник по функциям*. Москва, ДМК Пресс, 2007, 536 с.
- [7] Трэвис Дж., Кринг Дж. *LabVIEW для всех*. Москва, ДМК Пресс, 2011, 904 с.

- [8] Блюм П. *LabVIEW: стиль программирования*. Под ред. Михеева П. Москва, ДМК Пресс, 2008, 400 с.
- [9] Бутырин П.А., Васьковская Т.А., Каратаева В.В., Материкин С.В. *Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7*. Москва, ДМК Пресс, 2005, 264 с.
- [10] Соммер У. *Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino*. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2012, 256 с.

Морякова Оксана Алексеевна — студентка кафедры «Радиоэлектронные системы и устройства», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Р.Ш. Загидуллин, канд. техн. наук, доцент кафедры «Радиоэлектронные системы и устройства», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

COMPARISON OF THE SOLUTION OF THE OPTOELECTRONIC SYSTEM BASED ON ARDUINO UNO AND USB-6009 IN THE PROGRAM LABVIEW

O.A. Moryakova

oxi1996@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Keywords

In this article we consider the problem of implementing a microprocessor assembly Arduino Uno as a cheap and available analog of a data gathering device USB-6009 of National Instruments company, applied in developing the laser turbidity measuring system. The system is based on fixing light transmission and scattering by turbidimetric and nephelometric photodetectors. It takes into account the environment temperature and the temperature of a liquid sample, thus, it has temperature sensors. As sensor signals the system uses voltages, received from potentiometers (photodiode imitators). By adding an opto-electronic part such device makes it possible to compare and debug solutions received using Arduino Uno and USB-6009 under absolutely equal conditions without the system being significantly complicated. The hardware/software solution for working with these platforms is introduced in LabVIEW and its structural-functional scheme is also given.

LabVIEW, NI USB-6009, Arduino Uno, turbidimeter, nephelometer, turbidity, laser measuring system, automation

© Bauman Moscow State Technical University, 2017

References

- [1] Bulatov M.I., Kalinkin I.P. Prakticheskoe rukovodstvo po fotometricheskim metodam analiza [Practical guidance on photometric analysis methods]. Leningrad, Khimiya publ., 1986, 432 p.
- [2] Vse otechestvennye mikroskhemy [All domestic microcircuits]. Moscow, Dodeka-XXI publ. house, 2004, 400 p.
- [3] Petin V. Proekty s ispol'zovaniem kontrollera Arduino [Projects using Arduino controller]. Sankt-Petersburg, BKhV-Peterburg publ., 2015, 464 p.
- [4] Revich Yu.V. Zanimatel'naya elektronika [Amusive electronics]. Sankt-Petersburg, BKhV-Peterburg publ., 2015, 576 p.
- [5] Karvinen T., Karvinen K., Valtokari V. Make: sensors: a hands-on primer for monitoring the real world with Arduino and Raspberry Pi. Maker Media, 2014, 400 p. (Russ. ed.: Delaem sensory: proekty sensorykh ustroystv na baze Arduino i Raspberry Pi. Moscow, Vil'yams publ. house, 2015, 432 p.).
- [6] Suranov A.Ya. LabVIEW 8.20: Spravochnik po funktsiyam [LabVIEW 8.20: functions handbook]. Moscow, DMK Press publ., 2007, 536 p.
- [7] Travis J., Kring I. LabVIEW for everyone: Graphical programming made easy and fun. Crawfordsville, Prentice Hall, 2007. 1236 p. (Russ. ed.: LabVIEW dlya vsekh. Moscow, DMK Press publ., 2011, 904 p.).
- [8] Peter A. Blume The LabVIEW: style book. Prentice Hall, 2007, 400 p. (Russ. ed.: LabVIEW: stil' programmirovaniya. Moscow, DMK Press publ., 2008, 400 p.).

- [9] Butyrin P.A., Vas'kovskaya T.A., Karataeva V.V., Materikin S.V. Avtomatizatsiya fizicheskikh issledovaniy i eksperimenta: komp'yuternye izmereniya i virtual'nye pribory na osnove LabVIEW 7 [Automation of physical research and experiment: computer measurements and virtual devices based on LabVIEW 7]. Moscow, DMK Press publ., 2005, 264 p.
- [10] Sommer U. Mikrocontroller-programmierung mit Arduino/Freduino. Franzis, 2010, 256 p. (Russ. ed.: Programmirovaniye mikrokontrollernykh plat Arduino/Freduino. Sankt-Peterburg, BKhV-Peterburg publ., 2012, 256 p.).

Moryakova O.A. — student, Department of Radioelectronic Systems and Devices, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — R.Sh. Zagidullin, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Radioelectronic Systems and Devices, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.