

ПОЛНОПРИВОДНЫЙ РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ATMEGA328

Р.А. Хабаров

richard.kh.basket@gmail.com

SPIN-код: 7269-6935

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

Аннотация

Рассмотрена система управления параметрами среды обитания в теплице на базе микроконтроллера Atmega328. Разработанный роботизированный комплект упрощает сбор информации с датчиков, размещенных в теплицах круглогодичного использования. Разработан алгоритм функционирования комплекса, представлена его реализация на базе языка программирования C. Основное внимание уделено этапам подключения моторов к одному драйверу двигателей, что необходимо для упрощения конструкции. Кратко изложены принципы работы компонентов системы и даны рекомендации по ее применению для автоматизации контроля параметрами микроклимата в теплице. Данный комплекс является более экономичным по расходу электроэнергии и более дешевым по сравнению со стационарными датчиками, размещаемыми в круглогодичных теплицах. Сбор информации об окружающей среде внутри теплицы возможен с помощью bluetooth-модуля, установленного на роботизированный комплекс.

Ключевые слова

Климат-контроль, теплица, драйвер двигателей, алгоритм программирования, роботизированный комплекс, климатический датчик, микросхема, платформа, круглогодичное выращивание

Поступила в редакцию 12.05.2020

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020

Введение. Основной задачей функционирования теплиц круглогодичного выращивания является постоянное поддержание определенных параметров среды: температуры, влажности и степени освещенности. Необходимо поддерживать внутри сооружения температуру и освещение, оптимальные для роста сельскохозяйственных культур и созревания их плодов на протяжении всего года [1–3]. Контроль этих параметров осуществляют климатические датчики. Для эффективного функционирования системы климатического контроля необходимо обеспечить расположение датчиков в определенном порядке по всему периметру теплицы. Установка и подключение к системе автоматизированного контроля и регулирования большого количества датчиков — задача сложная технически и дорогая в экономическом плане.

Цель исследования — разработка мобильного контрольно-измерительного комплекса с беспроводной системой передачи информации для мониторинга параметров среды обитания в теплице.

Контрольно-измерительные датчики влажности, температуры и освещенности монтируются на корпусе полноприводной платформы. Платформа самостоятельно перемещается по маршруту согласно программе, заложенной в ее систему управления. Полученные данные об окружающей среде передаются на мобильное приложение, установленное в смартфоне, или на блок управления системы климат-контроля.

В ходе разработки устройства выполнены:

- разработка алгоритма работы устройства;
- разработка структурной схемы и сборка модели подключения;
- подбор и обоснование элементной базы;
- моделирование схемы в программном обеспечении Fritzing;
- сборка макетного образца;
- экспериментальное тестирование устройства.

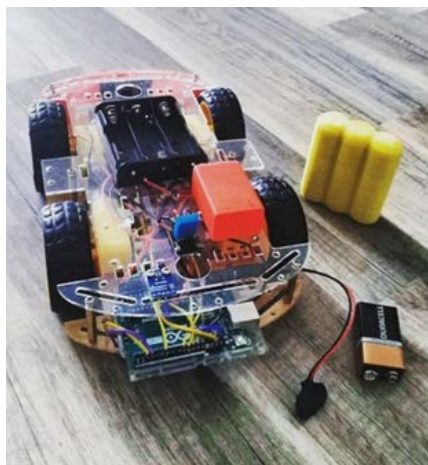


Рис. 1. Внешний вид комплекса

Структура и состав комплекса. Полноприводный роботизированный комплекс (рис. 1) представляет собой четырехколесное устройство, объединяющее две несущие платформы из пластика. На платформах размещены контрольно-измерительные датчики, батарейный отсек, блок управления движением и радиопередающее устройство.

Таким образом, комплекс получается полностью автономным. Он способен передвигаться по сложному маршруту согласно заложенной в блок управления программе. Радиопередающее устройство через определенные промежутки времени посылает цифровой сигнал с

данными показаний контрольно-измерительных датчиков температуры, влажности и освещенности. Сигнал фиксируется системой климат-контроля или приложением смартфона, что позволяет дистанционно корректировать работу климат-системы теплицы [4]. Для обеспечения компактности сборки управление двигателями осуществляется с помощью одного драйвера двигателя.

Устройство и принцип работы драйвера двигателей L293D. Для увеличения вращающего момента выбраны двигатели с редуктором. Двигатели данного типа обладают хорошими характеристиками по перегрузке и достаточно экономичны по электропотреблению, для приведения устройства в рабочее состояние требуется устройство, преобразующее сигналы минимальной мощности в ток [1, 5–7]. Выполнять данную функцию способен четырехканальный драйвер двигателей L293D.

При материализации данного проекта на стадии разработки был выбран драйвер управления двигателями в виде полностью готовой к работе микросхемы.

Микросхема **L293D** компании **TexasInstruments** (рис. 2) является одной из самых распространенных и дешевых микросхем, предназначенных для данной цели.

Стандартно микросхема **L293D** включает в себя сразу два драйвера для управления электродвигателями малой мощности (четыре независимых канала, объединенных в две пары) [8]. В данном проекте вместо стандартного подключения двух моторов к парам микросхемы использовалось подключение четырех моторов с редукторами отдельно к каждому независимому каналу [2]. Выводы INPUT 1, 2, 3, 4 (A) задают направление вращения мотора, они подсоединены напрямую к плате Arduino Uno на базе микроконтроллера ATmega328 семейства AVR 8 бит, 16 МГц. К выходам OUTPUT (Y) подключены двигатели с редуктором [9].

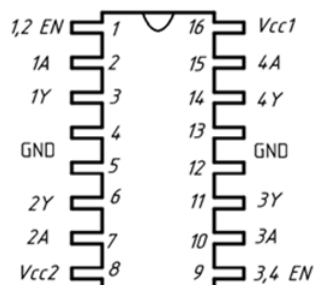


Рис. 2. Общий вид DIP-16 корпуса микросхемы L293D с обозначенными на ней выводами

Моделирование рабочей схемы выполнено в программе Fritzing и выглядит на макетном образце следующим образом (рис. 3).

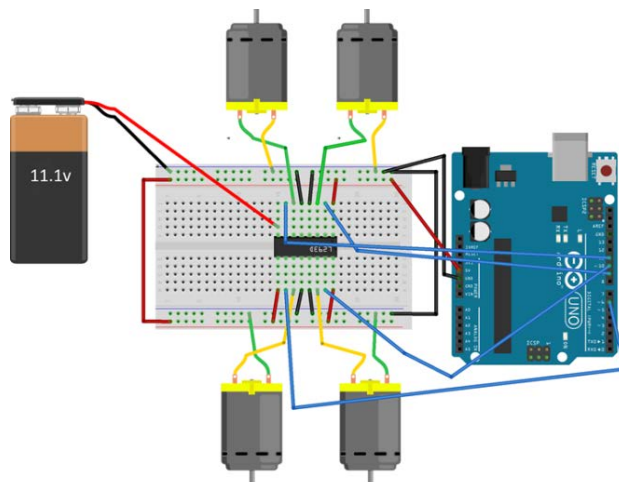


Рис. 3. Схема подключения моторов

Микросхема **L293D**, разделяя питание микросхемы также для управления моторами, позволяет использовать двигатели с высоким напряжением питания, которое, в свою очередь, превышает напряжение питания самой микросхемы. Такое разделение электропитания необходимо для снижения помех, появляющиеся из-за скачков напряжения в связи с внутренним строением моторов [3].

Микросхема способна проводить двунаправленные двигатели, рассчитанные на ток до 600 мА и напряжение питания от 4,5 до 36 В. Пиковый (максимальный) ток может достигать значения 1,2 А [8]. Структурная схема устройства была разработана согласно ГОСТ 2.701–84 (рис. 4).

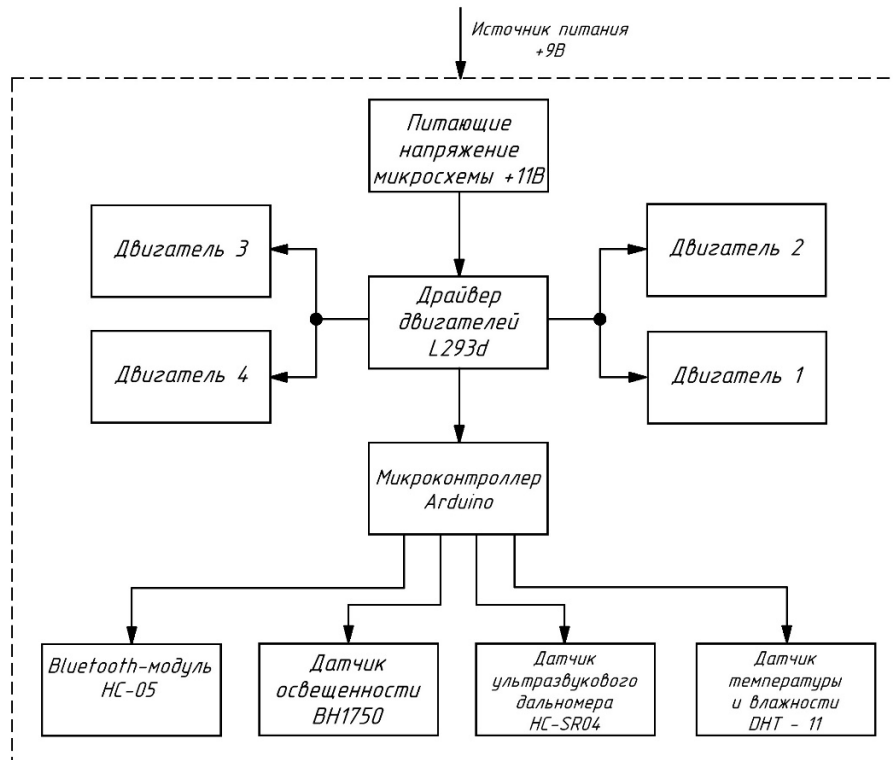


Рис. 4. Структурная схема комплекса

Входы ENABLE 1, 2 и ENABLE 3, 4 (EN) микросхемы L293D подсоединяются к шине источника питания +5 В и активируют работу драйвера двигателей.

На входы ENABLE 1, 2 и ENABLE 3, 4 (EN), включающий драйвер, подадим сигнал (соединим с положительным полюсом источника питания +5 В). Если при этом на входы INPUT 1, 2, 3, 4 не поступают сигналы от микроконтроллера, то мотор вращаться не будет [6]. После подключения одного вывода мотора с общим проводом к общей шине заземления (GND), а другого — с выводом OUTPUT 1, 2, 3, 4 и подачи сигнала на входы INPUT 1, 2, 3, 4 моторы начинают вращаться [5].



Рис. 5. Внешний вид платы ArduinoUno

Обоснование выбора элементной базы. Плата ArduinoUno на базе микроконтроллера ATmega328 (рис. 5) является головным элементом устройства. Микроконтроллер обрабатывает входные данные и с помощью заданного алгоритма отправляет последовательные сигналы на драйвер двигателя, а также считывает полученные входные данные с датчиков и выводит их на экран телефона.

Связь осуществляется с помощью подключаемого к плате Arduino Uno bluetooth-модуля HC-05 (рис. 6), который выводит результаты измерений на экран мобильного приложения [9]. С помощью этого приложения можно также задавать маршрут для передвижения по теплице.



Рис. 6. Внешний вид Bluetooth-модуля HC-05 (установлен на корпусе)



Рис. 7. Внешний вид текстового жидкокристаллического дисплея 16×2

На плате модуля размещены пьезоизлучатель ультразвука (ультразвуковой дальномер HC-SR04) и воспринимающий отраженную волну микрофон. Модуль посылает ультразвуковой сигнал и принимает его отражение от объекта [4]. После измерения времени между отправкой и получением импульса полученное расстояние до препятствия перед роботизированным комплексом (в сантиметрах) вычисляется и выводится на текстовый жидкокристаллический дисплей 16×2 (рис. 7).

Датчик температуры и влажности DHT-11 (рис. 8) состоит из емкостного датчика влажности и термистора. Установленный внутри чип может выполнять аналого-цифровые преобразования и выдавать цифровой сигнал, который считывается посредством микроконтроллера [7].

Датчик интенсивности света — модуль GY-302 на базе микросхемы BH1750 — работает по протоколу I²C (рис. 9) [10].

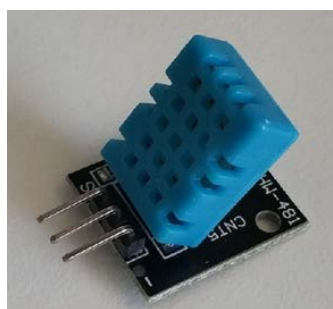


Рис. 8. Внешний вид датчика температуры и влажности DHT-11



Рис. 9. Внешний вид датчика интенсивности света на базе микросхемы BH1750

Модуль представляет собой высокоточный цифровой датчик интенсивности света, выдающий значение в люксах (lx). В перспективе возможно подключение и других датчиков (влажности, концентрации газов и т. п.) [11].

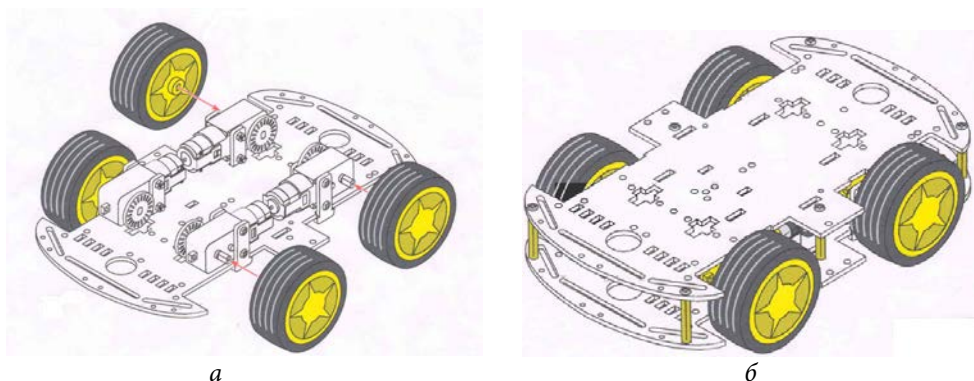
Моделирование схемы и разработка алгоритма работы устройства. Функционал комплекса включает типовые задачи для мехатронного колесного устройства [12–14]. В процессе конструирования устройства был разработан и загружен в плату ArduinoUno исполнительный листинг, который выполняет основной алгоритм работы устройства [15, 16].

В коде программы использовано несколько алгоритмов работы устройства:

- алгоритм опроса датчиков температуры и влажности DHT-11 и освещенности помещения BH1750 (для которых использовались библиотеки dht.h и BH1750FVI.h, после опроса датчиков данные передавались на bluetooth-модуль, а затем — на мобильное приложение с помощью библиотеки SoftwareSerial.h);
- алгоритм ручного управления машинкой (в мобильном приложении доступна функция пульта управления, с помощью цикла Switch был написан код для управления машинкой с помощью кнопок «вверх», «вниз», «влево», «вправо»);
- алгоритм автоматического управления машинкой (автоматически перемещает машинку по заданному маршруту и при обнаружении препятствия поворачивает в определенную сторону в зависимости от запущенного алгоритма, функция выполнена с помощью цикла if{...} else if {...});
- алгоритм измерения расстояния устройства (с помощью датчика расстояния HC-SR04 и библиотеки NewPing.h высчитывается расстояние до ближайших объектов, полученные данные передаются на ЖК-дисплей, а также непосредственно на микроконтроллер для дальнейшего выполнения цикла if{...} else if {...}).

Далее было сняты входные значения с датчиков в комнатных условиях, данные значения выводились в мобильное приложение.

Компоновка электронных блоков комплекса и их сборка. Роботизированный комплекс состоит из двух пластиковых платформ (рис. 10), соединенных между собой металлическими стойками. На нижней платформе (рис. 10, а) установлены электродвигатели, на осях которых крепятся колеса и микросхема L293D. На торцы платформ в передней части машины крепится специальный кожух (рис. 11) для установки датчика расстояния. На верхней платформе (рис. 10, б) монтируются датчики освещенности, температуры, платы Arduino Uno и bluetooth-модуля и батарейный отсек.



а

б

Рис. 10. Базовые платформы комплекса:

а — нижняя платформа; б — верхняя платформа

Коммутация компонентов элементной базы осуществляется проводом марки МТГФ-0,8.

Экспериментальное исследование и опытная эксплуатация комплекса. Для удобного перемещения и работы обслуживающего персонала теплиц между грядками выполнены дорожки. С целью исключения лишних трудозатрат при внедрении мобильного комплекса в эксплуатацию предлагается разработать маршрут движения с учетом расположения технологических дорожек (рис. 12). Данные о маршруте перемещения и контрольные замеры с датчиков комплекса получены в комнатных условиях, данные значения показаны в мобильном приложении (рис. 13).

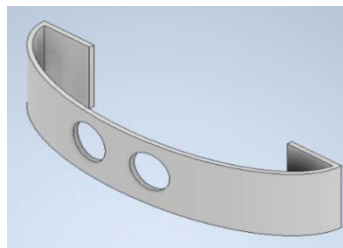
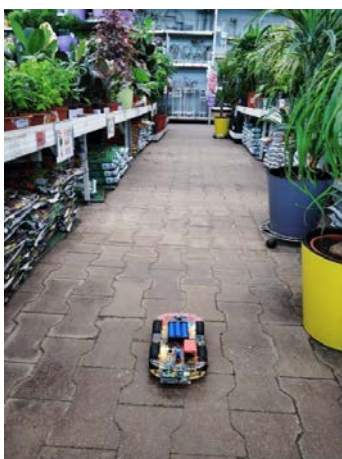


Рис. 11. Крышка для крепления датчика расстояния



RICH

RICH: Освещенность= 21lx
RICH: Влажность= 76.00%
RICH: Температура= 24.00°C
RICH: Освещенность= 21lx
RICH: Влажность= 76.00%
RICH: Температура= 24.00°C
RICH: Освещенность= 21lx
RICH: Влажность= 76.00%
RICH: Температура= 24.00°C
RICH: Освещенность= 21lx
RICH: Влажность= 76.00%
RICH: Температура= 24.00°C
RICH: Освещенность= 21lx
RICH: Влажность= 76.00%
RICH: Температура= 25.00°C
RICH: Освещенность= 21lx
RICH: Влажность= 76.00%
RICH: Температура= 25.00°C

type in command

Рис. 13. Данные замеров датчиков робота



Рис. 12. Дорожки между витринами растений

Данные о маршруте перемещения и контрольные замеры с датчиков комплекса сохраняются на персональном компьютере или на мобильном устройстве и в памяти блока управления системы климат-контроля.

У машинки есть три режима работы движения, а также ручное управление, которым в любой момент может воспользоваться оператор.

Режим работы STARTLEFT запускается при вводе в поле ввода цифры 1. Первый и второй поворот машинки будет выполнен налево, когда датчик расстояния HC-SR04 засечет в своей зоне обзора какой-либо объект на расстоянии до 18 см включительно.

Все повороты выполняются на угол 90° . Данное расстояние выбрано с учетом работы датчика расстояния и скорости движения машинки.

Режим работы STARTRIGHT запускается при вводе в поле ввода цифры 2. Первый и второй поворот машинки будут выполнены направо, когда датчик расстояния HC-SR04 засечет в своей зоне обзора какой-либо объект на расстоянии до 18 см включительно. Все повороты осуществляются на угол 90° . Данное расстояние выбрано с учетом работы датчика расстояния и скорости движения машинки.

В обоих режимах прописана программа действий: если после поворота машинки она снова обнаружила на своем пути препятствие, которое находится ближе чем 18 см, машинка выполняет еще один поворот на угол 90° в сторону в зависимости от заданного режима и начинает двигаться в обратном направлении. В течение всего времени устройство передает в мобильное приложение показания с датчиков DHT11 и BH1750.

Режим работы STOP запускается при вводе в поле ввода цифры 3. Машинка полностью прекращает свое движение в любом направлении, но продолжает передавать значения с датчиков DHT11 и BH1750.

В режиме ручного управления машинки получение данных с датчиков невозможно.

Заключение. Анализ результатов тестирования работоспособности устройства в условиях эксплуатации показал, что данный комплекс способен выполнять все заложенные в него алгоритмы без ошибок. Разработанное устройство позволяет сократить количество устанавливаемых датчиков по периметру теплицы до 2–3, при этом датчики будут установлены исключительно на роботизированном комплекте, способном передвигаться по технологическим дорожкам.

Данное устройство получилось значительно экономичнее по электропитанию, дешевле и технологичнее по изготовлению, а также компактнее, чем стационарная система расположения отдельных датчиков в теплицах круглогодичного применения. При изготовлении использовался один драйвер двигателей для компактности устройства, при напряжении питания микросхемы +11 В она, в свою очередь, нагревается лишь до температуры 15°C (при максимально возможном значении 70°C). Это свидетельствует о том, что данное устройство способно работать без перебоев и не нагреваться, при этом нет необходимости в применении дополнительных охлаждающих элементов, что способствует сохранению компактности устройства.

Аналоги устройства с подобным функционально-конструкторским исполнением, способного перемещаться по заданному маршруту, не найдены. По сравнению со всеми ранее предлагаемыми разработками комплект является экономически выгодным и удобным в использовании, поскольку он содержит в себе все измерительные датчики, а также дает возможность просматривать полученные данные на персональном компьютере либо на мобильном устройстве или передавать данные напрямую в блок управления исполнительными устройствами автоматизированной системы климат-контроля.

Литература

- [1] Платт Ч. Электроника. Логические микросхемы, усилители и датчики для начинающих. СПб., БХВ-Петербург, 2018.
- [2] Джонс М.Х. Электроника – практический курс. М., Постмаркет, 1999.
- [3] Борисов В.Г. Юный радиолюбитель. М., Радио и связь, 1987.
- [4] Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. Т 2. М., Додэка-XXI, 2008.
- [5] Василова Е.В., Евдокимов Г.М., Семенцов С.Г. Многофункциональный контроллер пневмоманипулятора доильного робота. *Новая наука: техника и технологии*, 2017, № 1, с. 28–35.
- [6] Адамов А.П., Семенцов С.Г. Способ надежного питания элементов сенсорной сети от беспроводного интерфейса. *Надежность и качество сложных систем*, 2018, № 1, с. 79–83. DOI: <https://doi.org/10.21685/2307-4205-2018-1-10>
- [7] Монк С., Шерц П. Электроника. Теория и практика. СПб., БХВ-Петербург, 2018.
- [8] Яценков В.С. От Arduino до Omega, платформы для мейкеров шаг за шагом. СПб., БХВ-Петербург, 2018.
- [9] Петров А.А. Протокол передачи данных для UART. *Достижения науки и образования*, 2016, № 1(2), с. 9–10.
- [10] Семенов Б.Ю. Шина I2C в радиотехнических конструкциях. М., Солон-пресс, 2004.
- [11] Гаев А.В., Роговский А.Д., Ланцберг А.В. Классификация физических объектов при помощи сверточных нейронных сетей на примере задачи распознавания газов. *Технологии инженерных и информационных систем*, 2019, № 1, с. 95–104.
- [12] Миронов С.В., Юдин А.В. Система технического зрения в задачах навигации мобильных объектов. *Программные продукты и системы*, 2011, № 1, с. 10–16.
- [13] Yudin A., Sukhotskiy D., Salmina M. Practical mechatronics, training for mobile robot competition. *6th Int. Conf. on Robotics in Education 2015*, pp. 94–99.
- [14] Yudin A., Semyonov M. Distributed control system for a mobile robot, tasks and software architecture. *EUROBOT*, 2011, vol. 161, pp. 321–334. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-21975-7_28
- [15] Vlasov A.I., Yudin A.V., Shakhnov V.A., et al. Design methods of teaching the development of internet of things components with considering predictive maintenance on the basis of mechatronic devices. *Int. J. Appl. Eng. Res.*, 2017, vol. 12, no. 20, pp. 9390–9396.
- [16] Санталов Г.Д., Муравьев К.А., Леонидов В.В. Методика проектирования электронных устройств в концепции «Интернета вещей». *Проектирование и технология электронных средств*, 2019, № 1, с. 10–22.

Хабаров Ричард Алексеевич — студент кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Семенцов Станислав Григорьевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Хабаров Р.А. Полноприводный роботизированный комплекс на базе микроконтроллера Atmega328. *Политехнический молодежный журнал*, 2020, № 07(48). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2020-07-625>

ALL-WHEEL-DRIVE ROBOTIC COMPLEX BASED ON ATMEGA328 MICROCONTROLLER

R.A. Khabarov

richard.kh.basket@gmail.com

SPIN-code: 7269-6935

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

A system for controlling the parameters of the environment in a greenhouse based on an Atmega328 microcontroller is considered. The developed robotic kit simplifies the collection of information from sensors placed in greenhouses for year-round use. An algorithm for the functioning of the complex is developed, its implementation based on the C programming language is presented. The main attention is paid to the stages of connecting motors to one motor driver, which is necessary to simplify the design. The principles of operation of the system components are briefly stated and recommendations are given on its use for automating the control of microclimate parameters in a greenhouse. This complex is more economical in terms of power consumption and cheaper in comparison with stationary sensors placed in year-round greenhouses. Collecting information about the environment inside the greenhouse is possible using a bluetooth module installed on the robotic complex.

Keywords

Climate control, greenhouse, motor driver, programming algorithm, robotic complex, climate sensor, microcircuit, platform, year-round cultivation

Received 12.05.2020

© Bauman Moscow State Technical University, 2020

References

- [1] Platt Ch. Make: more electronics: journey deep into the world of logic chips, amplifiers, sensors, and randomness. Make Community, 2014. (Russ. ed: Elektronika. Logicheskoe mikroskhemiy, usiliteli i datchiki dlya nachinayushchikh. Sankt-Petersburg, BKhV-Peterburg Publ., 2018.)
- [2] Jones M.H. A practical introduction to electronic circuits. Cambridge University Press, 1995. (Russ. ed.: Elektronika – prakticheskiy kurs. Moscow, Postmarket Publ., 1999.)
- [3] Borisov V.G. Yunyy radiolyubitel' [Young radio fan]. Moscow, Radio i svyaz Publ., 1987 (in Russ.).
- [4] Tietze U., Schenk Ch., Gamm E. Halbleiter-Schaltungstechnik. Springer, 1976. (Rus. ed.: Poluprovodnikovaya skhemotekhnika. Moscow, Dodeka-XXI Publ., 2008.)
- [5] Vasilova E.V., Evdokimov G.M., Sementsov S.G. Multifunctional controller of milking robot pneumomanipulator. *Novaya nauka: tekhnika i tekhnologii*, 2017, no. 1, pp. 28–35 (in Russ.).
- [6] Adamov A.P., Sementsov S.G. Method reliable supply of elements of a sensor network from the wireless interface. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system* [Reliability & Quality of Complex Systems], 2018, no. 1, pp. 79–83. DOI: <https://doi.org/10.21685/2307-4205-2018-1-10> (in Russ.).
- [7] Scherz P., Monk S. Practical electronics for inventors. McGraw-Hill, 2016. (Russ. ed: Elektronika. Teoriya i praktika. Sankt-Petersburg, BKhV-Peterburg Publ., 2018.)

- [8] Yatsenkov V.S. Ot Arduino do Omega, platformy dlya meykerov shag za shagom [From Arduino to Omega, platforms for makers step by step]. Sankt-Petersburg, BKhV-Peterburg Publ., 2018 (in Russ.).
- [9] Petrov A.A. Data transmission protocol for UART. *Dostizheniya nauki i obrazovaniya* [Achievements of Science and Education], 2016, no. 1(2), pp. 9–10 (in Russ.).
- [10] Semenov B.Yu. Shina I2C v radiotekhnicheskikh konstruktsiyakh [I2C bus in radiotechnical constructions]. Moscow, Solon-press Publ., 2004 (in Russ.).
- [11] Gaev A.V., Rogotovskiy A.D., Lantsberg A.V. Classification of physical objects with the help of convolutional neural networks on the example of the gas recognition task. *Tekhnologii inzhenernykh i informatsionnykh sistem* [Technologies of Engineering and Information Systems], 2019, no. 1, pp. 95–104 (in Russ.).
- [12] Mironov S.V., Yudin A.V. System of technical sight in problems of navigation of mobile objects. *Programmnye produkty i sistemy* [Software & Systems], 2011, no. 1, pp. 10–16 (in Russ.).
- [13] Yudin A., Sukhotskiy D., Salmina M. Practical mechatronics, training for mobile robot competition. *6th Int. Conf. on Robotics in Education 2015*, pp. 94–99.
- [14] Yudin A., Semyonov M. Distributed control system for a mobile robot, tasks and software architecture. *EUROBOT*, 2011, vol. 161, pp. 321–334. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-21975-7_28
- [15] Vlasov A.I., Yudin A.V., Shakhnov V.A., et al. Design methods of teaching the development of internet of things components with considering predictive maintenance on the basis of mechatronic devices. *Int. J. Appl. Eng. Res.*, 2017, vol. 12, no. 20, pp. 9390–9396.
- [16] Santalov G.D., Murav'yev K.A., Leonidov V.V. Design method for electronic devices using “Internet of things” conception. *Proektirovanie i tekhnologiya elektronnykh sredstv*, 2019, no. 1, pp. 10–22 (in Russ.).

Khabarov R.A. — Student, Department of Electronic Equipment Design and Technology, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — Sementsov S.G., Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Electronic Equipment Design and Technology, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Khabarov R.A. All-wheel-drive robotic complex based on Atmega328 microcontroller. *Politekhnikheskiy molodezhnyy zhurnal* [Politechnical student journal], 2020, no. 07(48). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2020-07-625.html> (in Russ.).