

СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ ПОБУТОВИМ ЕЛЕКТРОБОЙЛЕРОМ

Статтю присвячено розробці системи дистанційного керування та моніторингу показників роботи побутового електробойлера. Реалізовано спосіб зв'язку через мережу Internet з використанням WEB інтерфейсу для роботи користувача. Експериментальне дослідження режимів роботи системи керування проводилося на лабораторному стенді, виготовленому на базі мікроконтролера Arduino. Описані основні характеристики і вибір складових частин системи дистанційного керування та моніторингу. Наведений алгоритм роботи програмного скетчу. Розроблений програмний код для реалізації дистанційного керування приладом. Обраний мікроконтролер дозволяє реалізувати більшість функцій системи керування, необхідних для забезпечення заданих режимів роботи і експлуатаційних показників електробойлера. Дистанційне керування і моніторинг стану електробойлера дозволяють реалізувати режими роботи, які забезпечують економію електроенергії і підвищення безпеки в процесі його експлуатації.

Ключові слова: електробойлер, дистанційне керування, WEB сторінка, Arduino, Ethernet SHIELD.

S.G. NATROSHVILI, B.M. ZLOTENKO, T.I. KULIK

Kyiv National University of Technologies and Design

SYSTEM OF REMOTE CONTROL OF THE HOUSEHOLD ELECTRIC BOILER

The article is devoted to the development of a remote control system and monitoring of the performance of a household electric boiler. The aim of the study is to create an accessible and convenient user interface for controlling the device. Theoretical studies in the creation of algorithms for the operation of the device are based on determining the possibilities of controlling its systems via the Internet using the WEB interface. The principle of remote control of a domestic water heater consists in installation in the electric circuit of a boiler of the Arduino Mega microcontroller which works with the Ethernet SHIELD module. A method of communication via the Internet using the WEB interface for user operation is developed and implemented. A laboratory stand model was created to demonstrate the operation of the device and its remote control. Experimental study of the modes of operation of the control system is performed using the laboratory stand made based on an Arduino microcontroller. The main characteristics and selection of components of the remote control and monitoring system are described. The algorithm of the program sketch is given. A program code for the implementation of remote control of the device is developed. The program code after the compilation operation is loaded into the microcontroller and the system begins to process the data received from the sensors. The program code of the sketch contains the parameters of the WEB page from which the device is controlled. Necessary data for the user are transferred to the WEB interface generated according to the program code. To view and work with the remote control interface, you must enter the IP address of the WEB server in the Internet browser column. All information from the controller enters the Ethernet SHIELD, which encodes it into a code understandable to the router. The program code on the controller specifies the parameters of the WEB page according to which it is generated for the user by the browser. From the WEB page, information can be viewed, corrected and referenced to the system controller. The selected microcontroller allows implementing most of the functions of the control system required to ensure the required operating modes and performance characteristics of the boiler. Remote control and monitoring of the household electric boiler allow implementing operating modes that provide energy savings and increase safety during its operation.

Keywords: electric boiler, remote control, WEB page, Arduino, Ethernet SHIELD.

Вступ

У наш час в побуті й на виробництві широко використовуються електробойлери для нагрівання води в умовах відсутності гарячого водопостачання або в періоди планових чи аварійних відключень централізованих мереж у зв'язку з ремонтними роботами та технічним обслуговуванням [1].

Постановка задачі

З метою створення умов для економії електроенергії при експлуатації побутового електробойлера було поставлено завдання розробити систему дистанційного керування електробойлером і моніторингу показників його роботи. Система має бути доступною у використанні і розширювати функціональні показники порівняно з існуючими моделями на ринку [2].

Результати дослідження

Для вибору методу організації каналу зв'язку користувача і пристрою проводились дослідження методів реалізації дистанційного зв'язку і керування в охоронній та пожежній сигналізації. З практичного досвіду роботи з різними системами та протоколами їх роботи, тобто способами сполучення підохоронного об'єкту та пульта централізованого нагляду за ним охоронної сигналізації, був розроблений спосіб зв'язку через мережу Internet з використанням WEB інтерфейсу.

Даний вибір зумовлений відсутністю в необхідності придбання коштовного обладнання для зв'язку з приладом при використанні GSM та GPRS сигналів. Всі вище перелічені методи потребують для реалізації значних грошових інвестицій, і супроводжуються проблемами з їх використанням в різних умовах. При такому способі необхідний мікроконтролер для організації діалогу відповідно до запрограмованих алгоритмів роботи. Метод керування через WEB інтерфейс [3] значно дешевший, простіший у виконанні і не потребує дорогого маніпулятора для роботи з пристроєм. Телефон чи планшет може служити засобом керування.

Принцип дистанційного керування побутовим водонагрівачем полягає у встановленні в електричну схему бойлера мікроконтролера Arduino Mega, який працює з модулем Ethernet SHIELD. Принциповий макет з'єднання складових частин зображений на схемі (рис. 1).

Основний елемент схеми – мікроконтролер Arduino Mega 2560, який відповідно до запрограмованого алгоритму опрацьовує отримані дані від датчиків і реагує на команди користувача [4]. Мікроконтролер Arduino Mega живиться від джерела постійного струму, напругою в 7 В, до 1 А [5, 6]. Складові схеми для зручності зібрані на макетній платі.

Для вимірювання температури були обрані два цифрові датчики моделі DS18B20 з різним ступенем захисту. Перший у захищеному виконанні для вимірювання температури води. Другий для вимірювання температури повітря в корпусі приладу. Цей датчик температури розроблений на популярній мікросхемі DS18B20. Він дозволяє визначити температуру навколишнього середовища в діапазоні від -55 °С до + 125 °С і отримувати дані в вигляді цифрового сигналу з 12-бітовим дозволом по 1-Wire протоколу.

Для забезпечення захисту від затоплення в схему було введено датчик затоплення Water Sensor від компанії Funduino. Аналоговий датчик можна застосовувати в системах розумного будинку для визначення протікання в будинку або квартирі. Датчик також можна використовувати для визначення рівня води в невеликому діапазоні глибин. Прилад працює на напрузі у 3-5V постійного струму. Робочий струм 20 мА, малий розмір і аналоговий режим роботи повністю задовольняють потреби схеми.

Для управління нагрівальним елементом необхідні силові реле. В даній схемі було вирішено використати двоканальний релейний модуль для підключення безпосередньо до дискретного виходу контролера. На платі передбачена індикація наявності напруги живлення і окремо керуючого сигналу в 5V. Максимальний струм комутованого навантаження 10А. У всіх подібних модулів зворотна логіка управління спрацьовуванням реле. При подачі низького рівня сигналу реле спрацьовує, а при подачі високого рівня реле вимикається.

Щоб уникнути небажаних спрацьовувань реле під час включення живлення системи, рекомендується на Arduino не підключати 13-й дискретний канал на управління модулем. На інших платформах слід в ініціалізацій частини програми привласнити всім дискретним виходам, керуючим подібними реле значення високого рівня сигналу (HIGH).



Рис. 1. Схематичне зображення елементів системи дистанційного керування бойлером:
 1 – бойлер; 2 – подвійне силове реле; 3 – електричний кран; 4 – мікроконтролер ArduinoMega; 5 – EthernetShield; 6 – роутер; 7 – прилади керування; 8 – датчик температури повітря; 9 – датчик вологоти; 10 – датчик температури води в баку

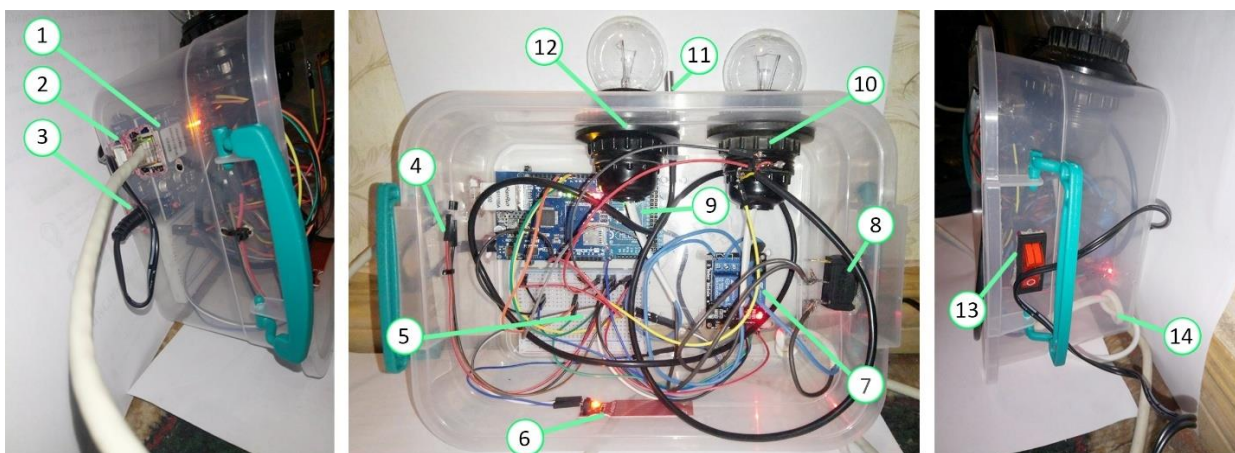


Рис. 2. Стенд дистанційного керування:
 1 – LAN кабель; 2 – USB порт; 3 – живлення контролера; 4 – датчик температури корпусу;
 5 – макетна плата; 6 – датчик вологості; 7 – релейний модуль; 8 – кнопка вимкнення ламп розжарювання;
 9 – мікроконтролер Arduino, з'єднаний з Ethernet Shield; 10 – лампа індикації (КЕК); 11 – датчик вимірювання температури води; 12 – лампа індикації (ТЕН); 13 – кнопка вимкнення напруги на лампи; 14 – провід підключення до 220В

В схемі реле виконує функцію комутації напруги на нагрівальному елементі і подачі сигналу

управління на електричний кран. Кульковий електричний кран – КЕК – приєднаний до релейного модуля. У випадку спрацювання датчика води, мікроконтролер подає сигнал на релейний модуль, а той перекидає подачу води. Це зроблено для підвищення безпеки. Робота крану залежить від алгоритму роботи контролера, але завдяки конструкції у разі необхідності є можливість перекриття незалежно від системи, шляхом натискання кнопки на корпусі пристрою. Кран з електроприводом призначений для блокування водопостачання в разі протікання води на датчик вологоти в корпусі системи. Стабілізована швидкість спрацювання кранів запобігає можливим гідроударам. У режимі очікування споживання енергії складає 3 Вт, а в момент закривання (відкривання) 12 Вт. Особливість даного крану в можливості ручного управління, якщо відсутня електроенергія.

З метою дослідження режимів роботи розробленої системи керування електробойлером було змонтовано лабораторний стенд (рис. 2). Роботу кулькового крану і електричного нагрівального елементу бойлера імітують лампи розжарювання.

Принципова електрична схема лабораторного стенда для дослідження роботи системи керування електробойлером наведена на рис. 3.

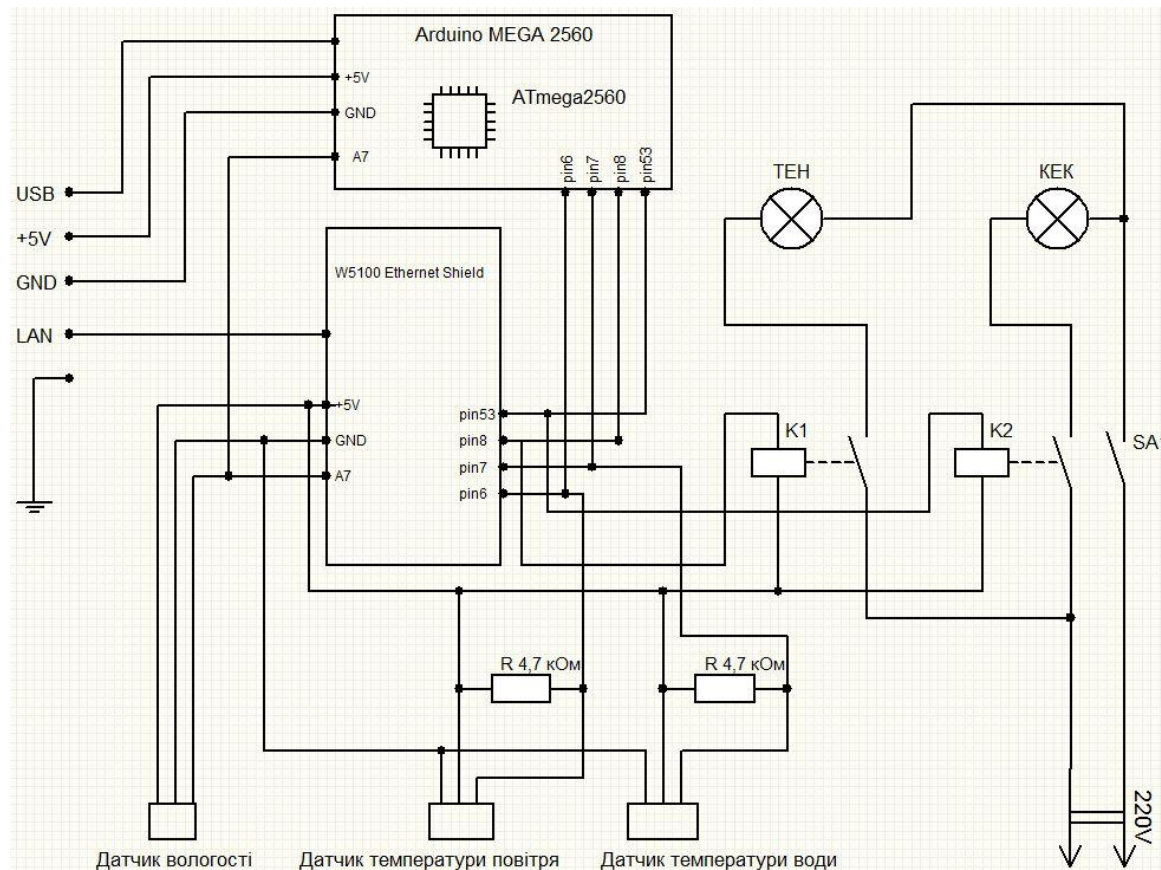


Рис. 3. Принципова електрична схема лабораторного стенда:
Arduino MEGA 2560 – мікроконтролер; **K1, K2** – електромагнітні реле; **R** – резистори;
W5100 – Ethernet Shield; **TEH, KEK** – лампи розжарювання; **SA** – тактовий перемикач

Програмування контролера виконувалося на персональному комп'ютері за допомогою програмного забезпечення. Для початку програмування з офіційного сайту виробника мікроконтролера [7] була завантажена програма Arduino IDE. Програмування проводилось на базі операційної системи Windows, і для роботи контролера були встановлені необхідні драйвери. Після перевірки підключення плати, відкривши програмне середовище, були підключені бібліотеки для роботи компонентів схеми.

На основі поставлених завдань створений графічний алгоритм роботи програми (рис. 4), за яким написаний програмний скетч для мікроконтролера.

З використанням графічного алгоритму роботи системи в програмному середовищі Arduino в текстовому вигляді написаний програмний код системи дистанційного керування [8].

Надрукований програмний код після проведення операції компіляції завантажується у мікроконтролер і система починає опрацьовувати отримані від датчиків дані. В програмному коді скетчу прописані параметри WEB сторінки з якої відбувається керування приладом. Необхідні дані для користувача виводяться на WEB інтерфейс сформований за даними програмного коду. Для перегляду і роботи з інтерфейсом дистанційного керування необхідно ввести в колонку інтернет браузера IP адресу WEB серверу.

Вся інформація з контролера потрапляє в Ethernet SHIELD, який кодує її на зрозумілий для маршрутизатора код. В програмному коді на контролері вказані параметри WEB сторінки (рис. 5), за якими її для користувача формує браузер. З WEB сторінки інформація може переглядатись за допомогою пристроїв перегляду користувачем, корегуватись і посылатись на контролер системи.

Таким чином реалізований дистанційний діалог між користувачем і контролером. Для відображення створеного WEB інтерфейсу у адресну колонку браузера необхідно ввести виділену на маршрутизаторі статичну IP адресу.

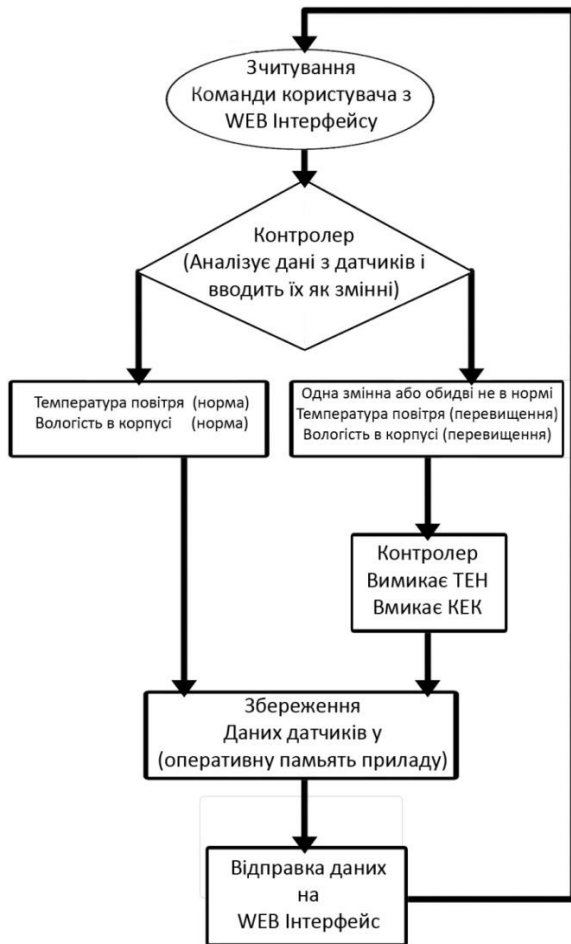


Рис. 4. Графічний алгоритм роботи схеми дистанційного керування

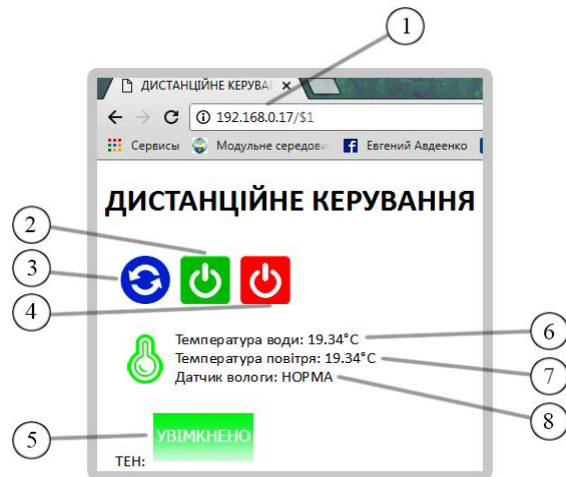


Рис. 5. WEB інтерфейс керування бойлером:

- 1 – адресна колонка браузера; 2 – кнопка увімкнення нагрівального елемента; 3 – кнопка перезавантаження WEB сторінки;
- 4 – кнопка вимкнення нагрівального елемента; 5 – індикатор стану нагрівального елемента; 6 – показники температури води в баку; 7 – показники температури повітря в приміщенні; 8 – стан датчика вологості в корпусі

На рис. 6 показані основні режими роботи системи керування електробойлером за допомогою лабораторного стенда. Датчик вимірювання температури повітря в приміщенні надає інформацію про температуру навколишнього середовища на WEB інтерфейс. У разі збільшення температури вище ніж запрограмована реагує, як на пожежу в приміщенні. Вимикає ТЕН приладу и перекриває кульковий кран на подачу води до приладу, чим забезпечує додатковий захист від ураження електричним струмом і поширення пожежі. Запрограмована температура спрацювання алгоритму роботи 25 градусів Цельсія.

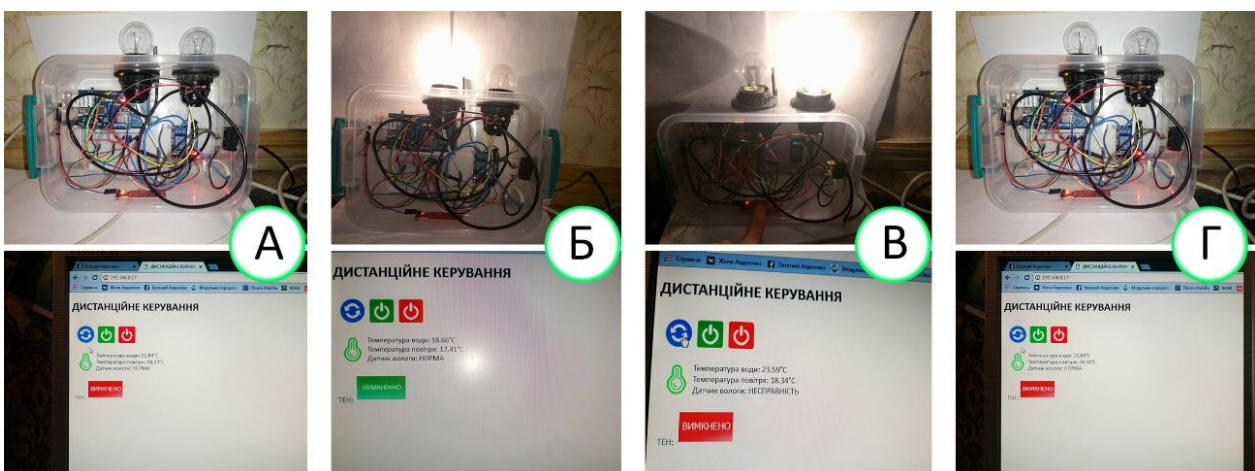


Рис. 6. Робота інтерфейсу відповідно роботі приладу

- А) ТЕН вимкнено; Б) ТЕН увімкнено; В) датчик вологості спрацював; Г) перевищення температури корпусу

Датчик вимірювання температури води надає інформацію про температуру води в баку приладу для користувача. Обидва датчики виводять свої показники на інтерфейс користувача, що дає змогу оцінити стан роботи приладу.

До схеми підключений датчик вологості. Він встановлений в нижній частині стенду. Його функція полягає в передачі на інтерфейс керування інформації про наявність води в корпусі приладу. На WEB сторінку від контролера посилається повідомлення у вигляді тексту «НОРМА» у випадку рівня вологості в межах нормальної роботи, або «НЕСПРАВНІСТЬ», якщо датчик зафіксував надмірну вологість. При отриманні тексту «НЕСПРАВНІСТЬ» прилад виконує автоматичний алгоритм відключення ТЕНу і вмикає привід перекриття мережі водопостачання. Слід зазначити, що доки датчик показує «НЕСПРАВНІСТЬ» ТЕН приладу не буде реагувати на команду WEB інтерфейсу на увімкнення. Коли показник вологості відновиться до нормального рівня, ТЕН знову почне реагувати на команди інтерфейсу. Це зроблено для підвищення безпеки користувача.

Плата з двома реле керується алгоритмом контролера, і в залежності від ситуації проаналізованої контролером проводить комутує свої силові контакти. В мікроконтролер Arduino завантажений скетч з програмою роботи реле відносно показників отриманих від датчиків. Ці операції виконуються і без участі користувача для забезпечення більшої безпеки при використанні приладу. За станом реле можна стежити з інтерфейсу користувача. При увімкненому ТЕНі на екрані відображається зображення з написом «ТЕН УВІМКНЕНО». При цьому на кульковий електричний кран напруга не подається. Спрацювання захисту від затоплення автоматично вимкне подачу напруги на ТЕН і подасть її на кульковий електричний кран.

Стенова модель системи працює на виділеній статичній адресі в маршрутизаторі. Для роботи через мережу інтернет необхідна виділена статична IP адреса. Це дасть змогу розміщення інтерфейсу керування на хостингу з обмеженим доступом для персоналізації роботи з системою.

Висновки

Розроблений спосіб зв'язку через мережу Internet з використанням WEB інтерфейсу на базі мікроконтролера Arduino ATmega 2560. Створений працюючий стенд для демонстрації роботи дистанційного керування. Описані основні характеристики і вибір складових частин системи. Наведений алгоритм роботи програмного скетчу. Розроблений програмний код для реалізації дистанційного керування приладом. Сторінка керування виводить необхідну інформацію на монітор користувача, всі файли сторінки знаходяться в мережі Internet, програмні операції пов'язані з прийняттям рішення відносно змінних знаходяться в мікроконтролері і за відсутності контролю користувача буде проводитись автоматично. Обраний мікроконтролер дозволяє реалізувати більшість потреб необхідних для тих чи інших умов роботи, що робить систему здатною до безперервної модернізації. Дистанційне керування і моніторинг стану електробойлера дозволяють реалізувати режими роботи, які забезпечують економію електроенергії і підвищення безпеки в процесі його експлуатації.

Література

1. Лир Э.В. Электробытовые машины и приборы / Лир Э. В., Петко И. В. – К. : Техника, 1990. – 207 с.
2. Электробытовая техника : навчальний посібник / упор. : Т. Я. Біла, М. Й. Бондаренко, О. П. Бурмістенков, Б. М. Злотенко, І. В. Петко. – К. : КНУТД, 2014. – 96 с.
3. Robocraft [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://robocraft.ru>.
4. Bolor A. J. Arduino by Example / Bolor Adith Jagadish. Birmingham (UK): Packt Publishing Ltd, 2015. 222 p.
5. Петин В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino / В. А. Петин. – СПб : БХВ-Петербург, 2015. – 488 с.
6. Javed A. Building Arduino Projects for the Internet of Things. Experiments with Real-World Applications. United States of America: Apress Media, LLC, 2016. 244 p.
7. Амперка [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://wiki.amperka.ru>.
8. Знакомство с Arduino [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://arduino.shopium.ua/pages/arduino-getting-started/#ch3>.

References

1. Lir E.V. Elektrobytovye mashiny i pribory / Lir E. V., Petko I. V. – K. : Tehnika, 1990. – 207 s.
2. Elektropobutova tekhnika : navchalnyi posibnyk / upor. : T. Ya. Bila, M. Y. Bondarenko, O. P. Burmistenkov, B. M. Zlotenko, I. V. Petko. – K. : KNUVD, 2014. – 96 s.
3. Robocraft [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://robocraft.ru>.
4. Bolor A. J. Arduino by Example / Bolor Adith Jagadish. Birmingham (UK): Packt Publishing Ltd, 2015. 222 p.
5. Petin V. A. Proekty s ispolzovaniem kontrollera Arduino / V. A. Petin. – SPb : BHV-Peterburg, 2015. – 488 s.
6. Javed A. Building Arduino Projects for the Internet of Things. Experiments with Real-World Applications. United States of America: Apress Media, LLC, 2016. 244 p.
7. Amperka [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://wiki.amperka.ru>.
8. Znakomstvo s Arduino [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu : <http://arduino.shopium.ua/pages/arduino-getting-started/#ch3>.

Рецензія/Peer review : 17.09.2020 р.

Надрукована/Printed : 04.11.2020 р.