

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СЕТЬЮ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ» ДЛЯ УДАЛЕННОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ РАДИОМЕТОК

*Э.С. Соколова, М.Б. Багиров, А.М. Женарстанов, Т.Л. Бородина,
Д.В. Дмитриев*

*Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород*

Аннотация: В данной статье рассматривается такая технология, как «Интернет вещей» (Internet of Things), и элемент управления сетью для удаленной идентификации радиометок. В ходе работы были рассмотрены самые популярные на сегодняшний день микроконтроллеры, проведена сравнительная характеристика и выполнена оценка эффективности их использования, в ходе чего выбран наиболее оптимальный вариант для дальнейшей работы. В результате была разработана система удаленной идентификации радиометок, а именно программно-аппаратное обеспечение, конструкция разрабатываемой системы с возможностью получения информации о радиометках как с ПК, так и со смартфонов, и приведены результаты использования разработанной системы в разных операционных системах.

Ключевые слова: интернет вещей, Internet of Things, микроконтроллер, NFC модуль, Arduino, протокол, MQTT, радиометка, программное обеспечение, передача данных, идентификация.

«Интернет вещей» (Internet of Things) – это новая технология [1], которая делает реальным создание интеллектуальных сетей, связывающих миллиарды объектов и устройств между собой и предоставляющих информацию о состоянии и изменении коммутирующих объектов. Доступность этой информации для анализа и прогноза изменения состояния объектов (вещей) и возможность в ряде ситуаций повлиять на их состояние революционным образом меняет сферы деятельности человека и его социальную среду.

Целью работы является разработка системы сети «Интернета вещей» для удаленной идентификации радиометок. Данная система может быть использована как для бытовых целей (идентификация продуктов питания,

отслеживание срока годности продуктов), так и для промышленных (инвентаризация).

Основными задачами при разработке системы были:

- выбор и сравнение существующих микроконтроллеров;
- разработка программного обеспечения микроконтроллера ESP8266 для сбора, обработки и передачи данных, полученных от внешних устройств;
- компоновка системы в корпус.

Анализ источников в области разработки управляющих микроконтроллеров для сетей «Интернета вещей» показал, что наиболее часто для решения задач в этой области используются микроконтроллеры ESP8266, ESP32 и микроконтроллеры серии Arduino [2].

Так как в данной работе разрабатывается система для удаленной идентификации, то необходимо использовать микроконтроллеры, имеющие возможность беспроводного подключения к беспроводной сети. Беспроводное подключение микроконтроллеров Arduino возможно только при использовании периферийных устройств, что негативно сказывается как на энергоэффективности, так и на нагрузке на ядро процессора ПК или смартфона. Таким образом, следует рассматривать микроконтроллеры ESP8266 и ESP32, сравнительная характеристика которых представлена в таблице №1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика микроконтроллеров ESP8266 и ESP32

Спецификации	ESP8266	ESP32
MCU	Xtensa Single-core 32-bit L106	Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 with 600 DMIPS
802.11 b/g/n Wi-Fi	+	+

Bluetooth	-	Стандарт Bluetooth 4.2 и ниже
Рабочая частота процессора	80 MHz	160MHz
GPIO пины	17	36
Ethernet MAC Interface	-	+
Touch Sensor	-	+
Температурный сенсор	-	+
Датчик Холла	-	+
Рабочая температура	-40 ~ +125°C	-40 ~ +125°C
Цена	2-4\$	5-7\$

Как видно из таблицы 1, микроконтроллер ESP8266 имеет достаточный функционал для разрабатываемой системы удаленной идентификации радиометок. Микроконтроллер ESP32 имеет дополнительный функционал (Bluetooth, touch sensor, датчик Холла, температурный сенсор и интерфейс Ethernet), не используемый в данной разработке, и при этом значительно дороже. Таким образом, для решения поставленной задачи был выбран микроконтроллер серии ESP8266.

Стоит отметить, что микроконтроллер ESP8266 будет использоваться на базе платформы NodeMCU. Данная платформа существенно упрощает процесс загрузки и отладки программного кода. Технические характеристики микроконтроллера ESP8266 на базе платформы NodeMCU следующие:

- Wi-Fi модуль ESP8266 – 12E, Wi-Fi стандарта 802.11 b/g/n;
- поддержка STA / AP / STA + AP режимов;
- порт micro USB для питания, прошивки и отладки микросхемы;

- поддержка UART/GPIO интерфейсов передачи данных;
- встроенный стек протоколов TCP/IP с поддержкой множественных клиентских подключений (до 5);
- D0 ~ D8, SD1 ~ SD3: могут быть использованы как GPIO, PWM, ИС, и прочие;
- ток на выводе: 15 мА, AD0: 1 вывод АЦП, питание: 4.5 - 9В (10В максимум);
- питание от USB с предоставлением отладочного интерфейса;
- потребление: обмен данными: ~70 мА (200 мА максимум), ожидание: <200 мкА;
- скорость передачи: 110-460800 б/сек;
- диапазон рабочих температур: -40 ~ +125 °С;
- масса: 18 г, размеры: 49 x 24,5 x 13 мм.

Данный микроконтроллер выполняет роль управляющего устройства в разрабатываемой системе управления сетью «Интернета вещей» для удаленной идентификации радиометок. Назначения выводов микроконтроллера на базе платформы NodeMCU изображены на рисунке 1 [3].

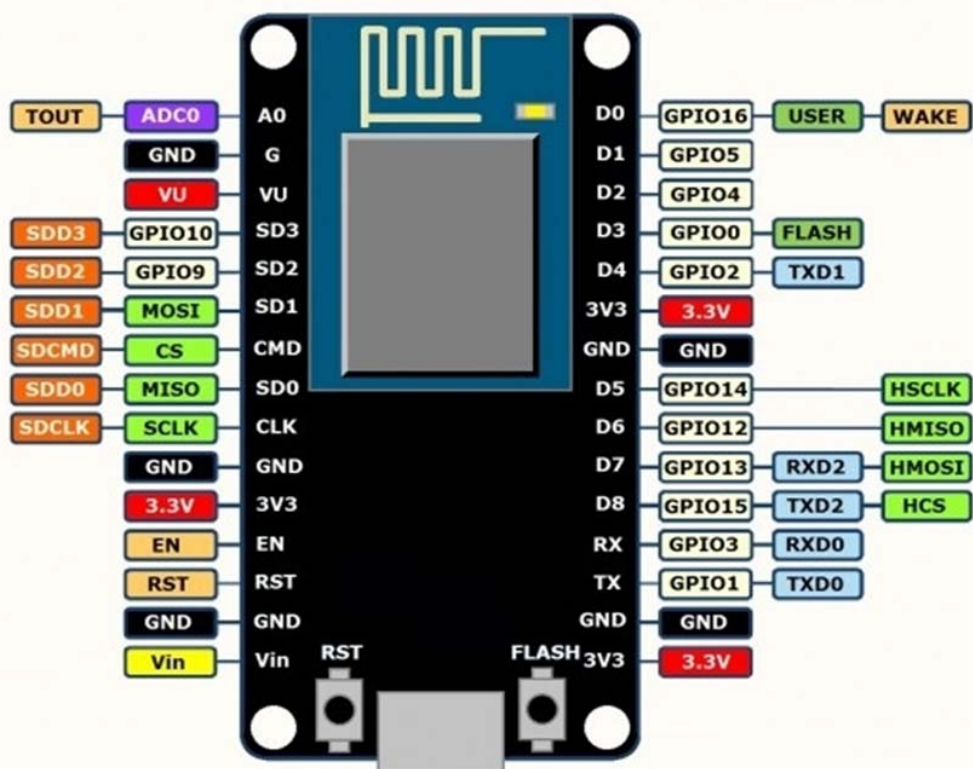


Рис.1. - Назначения выводов платформы NodeMCU

Следует отметить, что в архитектуру разрабатываемой системы необходимо встроить RFID/NFC считыватель для бесконтактного считывания данных с радиометок. Среди RFID/NFC считывателей наиболее популярными в малом ценовом сегменте являются считыватели на базе микроконтроллеров PN532 и RC522 [4, 5]. Их сравнительная характеристика представлена в таблице 2.

Таблица №2

Сравнительная характеристика RFID/NFC считывателей на базе микроконтроллеров PN532 и RC522

Спецификации	RC52	PN532
	2	
Напряжение питания	3.3В	3.3В
Потребляемый ток	13- 26мА	100- 150мА

Рабочая частота	13.56 МГц	13.56М Гц
Интерфейс связи I2C	-	+
Интерфейс связи SPI	+	+
Интерфейс связи HSU (High Speed UART)	-	+
Размеры	40x60 мм	42.7x40 .4мм
Цена	2-3\$	3-4\$
Дальность считывания	0- 60мм	0- 100мм

Несмотря на меньшую стоимость считывателя на базе микроконтроллера RC522, его главными недостатками является большой размер (более 20мм) и малая дальность считывания, которая играет одну из ключевых ролей в разрабатываемой системе.

Таким образом, для бесконтактного считывания данных с радиометок целесообразно выбрать считыватель на базе микроконтроллера PN532, который обеспечивает достаточную дальность считывания и имеет малый размер.

Считыватель на базе микроконтроллера PN532 выполняет функцию передачи и обработки данных, полученных от радиометок на частоте 13,56 МГц. Считыватель в данной работе является управляемым устройством. Взаимодействие между управляющим устройством (микроконтроллер ESP8266) и управляемым устройством (считыватель на базе PN532) осуществляется по интерфейсу I2C, т.к. для реализации данного решения необходимо всего два провода, в отличие от интерфейсов SPI (6) и UART (5) [6].

Разработка велась с использованием среды программирования Arduino

IDE и открытых (open-source) библиотек esp8266wifi и pn532.

Одним из главных критериев к разработанному ПО является обеспечение стабильности работы всей системы. Ключевым моментом при разработке ПО являлась необходимость предварительной прошивки микроконтроллера ESP8266 специальным драйвером, который обеспечивает стабильную работу элемента, отвечающего за связь USB-TTL – чипа H340. После прошивки работа с микроконтроллером ESP8266 в среде программирования Arduino IDE осуществляется с помощью подключения к виртуальному COM-порту через интерфейс USB.

Для передачи данных от разработанной системы управления сетью «Интернета вещей» для удаленной идентификации радиометок к системе автоматизации умных домов был выбран протокол MQTT [7]. Выбор протокола основан на сравнение протоколов передачи данных, представленном в статье [8].

Для апробации разработанной системы управления сетью в качестве системы автоматизации умных домов была выбрана система Domoticz. Отметим, при минимальной модификации разрабатываемую систему управления сетью можно применить для любой системы автоматизации умных домов.

Система Domoticz имеет веб-интерфейс, который позволяет визуализировать получаемые и отправляемые данные (рис.2) [9].

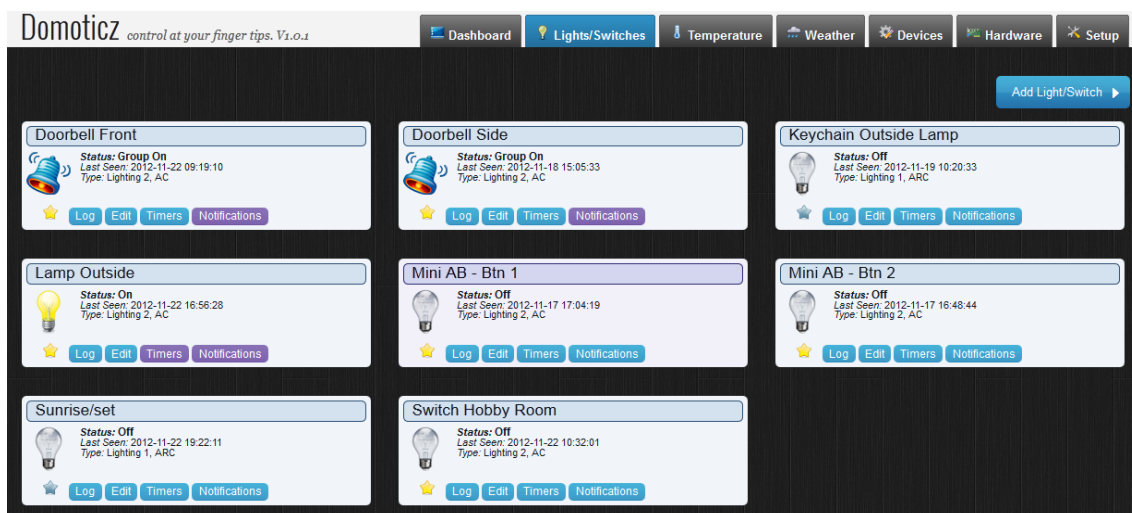


Рис.2. – Веб-интерфейс Domoticz

Схема работы всей системы представлена на рис.3.

1. Данные с разработанной системы поступают по протоколу MQTT к MQTT брокеру.
2. Брокер, предварительно подключенный к системе автоматизации Domoticz, обменивается с ней данными для формирования сообщения определенной формы.
3. Брокер получает сформированное сообщение от системы автоматизации, формирует топик (сущность, используемая при работе с протоколом MQTT, по адресу которой происходит отправка данных – publish. Клиент, в свою очередь, принимает данные со своей стороны, подписавшись на тот же самый топик – subscribe [10]) «/domoticz/out».
4. Клиенты с ПК или смартфонов подписываются на данный топик и получают сообщения от брокера.

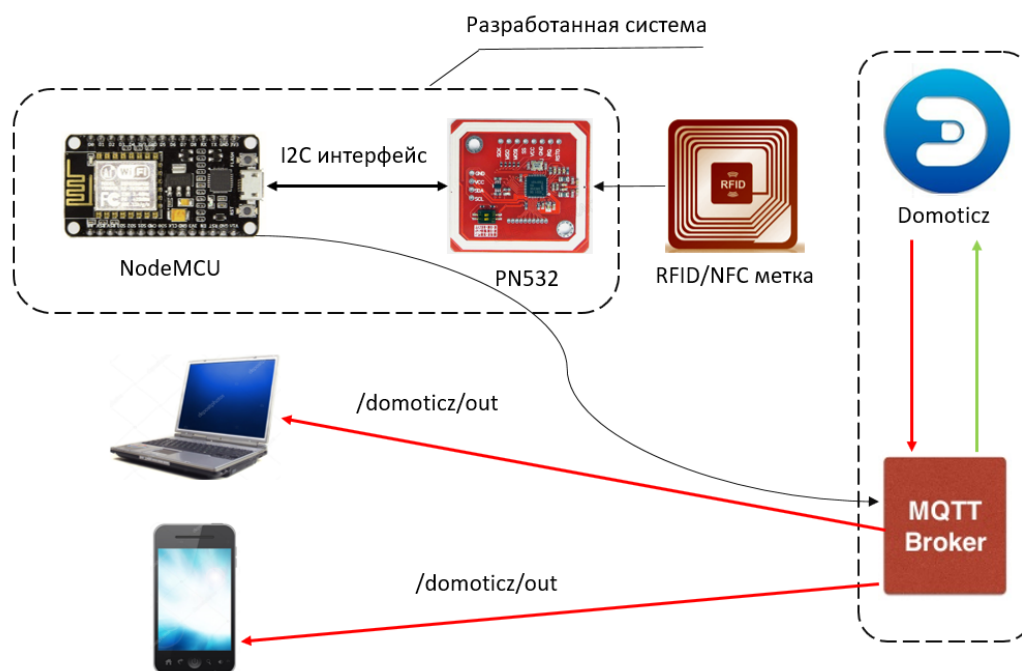


Рис.3. - Схема работы разработанной системы

Апробация разработанной системы сети «Интернета вещей» для удаленной идентификации радиометок проводилась с использованием MQTT брокера и системы Domoticz, запущенных на базе компьютера с ОС Windows 10.

Примеры работы разработанной системы представлены на рис.4 и рис.5 для ПК и смартфонов соответственно.

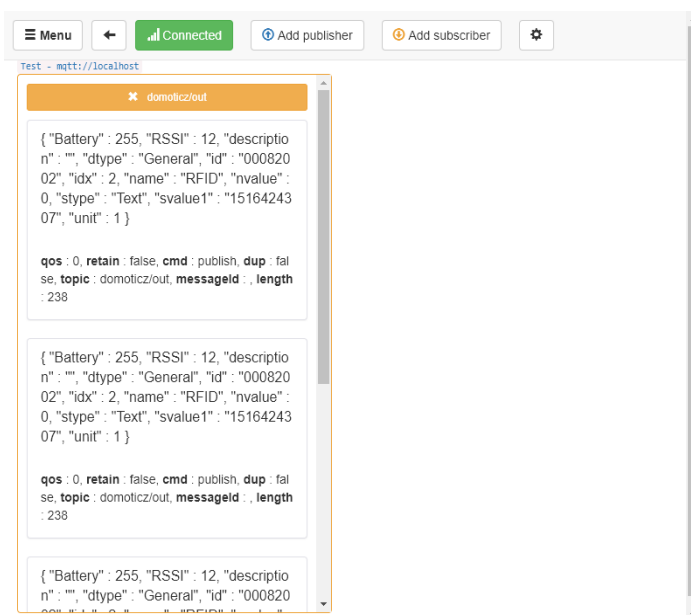


Рис.4. - Пример получения данных на ПК

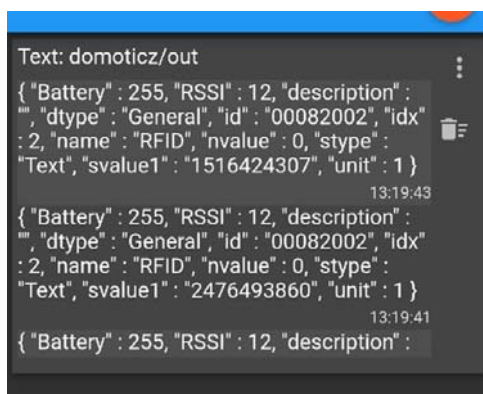


Рис.5. - Пример получения данных на смартфоне

Как можно заметить на рис.4 и рис.5, вместе с необходимой информацией (идентификатор радиометки “svalue1”) на ПК и смартфон дополнительно приходит большое число служебной информации от системы автоматизации Domoticz к клиенту. Избыток служебной информации приводит к повышенной сложности восприятия сообщений и увеличению обрабатываемого трафика, что обусловлено использованием системы автоматизации Domoticz на базе ОС Windows. В дальнейшем предполагается перейти к использованию системы автоматизации Domoticz и брокера MQTT на базе ОС Linux, в которой есть возможность вносить правки в

отправляемые сообщения MQTT брокером путем внесения необходимых правок в скрипт программы, что снизит объем лишней служебной информации от системы автоматизации Domoticz к клиенту.

Для компоновки и расположения элементов разработанной системы в корпус при реализации системы использовался АБС пластик марки WR-9100 со следующими характеристиками [11]:

- плотность: 1.08 г/см³;
- прочность при растяжении: 47 Мпа;
- прочность при изгибе: 66 Мпа;
- прочность при сжатии: 46-80 Мпа;
- относительное удлинение: 10-25%;
- усадка (при изготовлении изделий): 0.3-0.6%;
- электрическая прочность: 12-15 МВ/м;
- температура самовоспламенения: 395 оС.

3D модель системы в корпусе в разрезе представлена на рис.6.

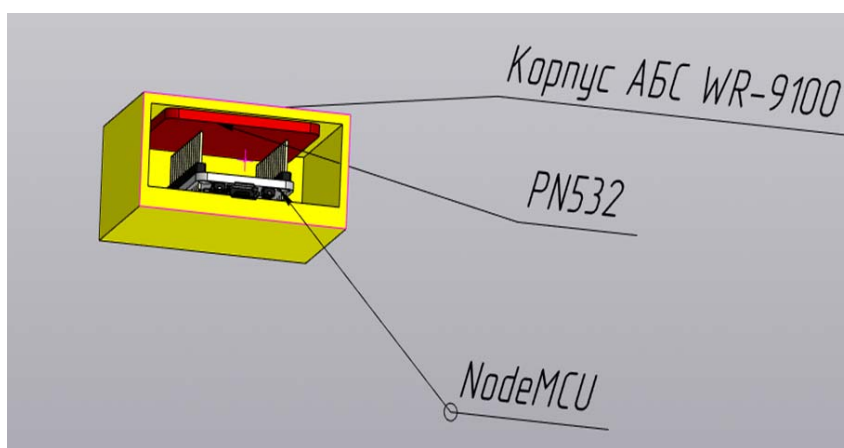


Рис.6. - Иллюстрация 3-д модели системы в разрезе

В рамках данной работы была разработана система удаленной идентификации радиометок, а именно аппаратная часть системы и прикладное ПО, с возможностью получения информации с радиометок как с

ПК, так и со смартфонов. Была проведена апробация разработанной системы с использованием системы автоматизации Domoticz и MQTT брокера. В перспективе, данная разработанная система может использоваться совместно с радиометками с энергозависимой памятью [12], что существенно расширяет область применения данной разработки. Также стоит отметить, что низкая себестоимость разработки позволяет широко использовать ее конечным потребителям товаров. Так, к примеру, проверку на контрафактность [13] и сроки годности предметов одежды и продуктов питания конечный потребитель может делать самостоятельно, что сильно повышает прозрачность цепей поставок от производителя к конечному потребителю.

Литература

1. Бородин В.А. Интернет вещей – следующий этап цифровой революции // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. №2(5). С. 178.
2. ESP32 vs ESP8266 – Pros and Cons // Maker Advisor URL: makeradvisor.com/esp32-vs-esp8266/
3. NodeMCU Documentation // NodeMCU Documentation URL: nodemcu.readthedocs.io/en/master/
4. RFID-модуль RC522 // 3d-diy. URL: 3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/rfid-modul-rc522/PN532 NFC RFID модуль. Версия 3 // Radio Prog URL: radioprogram.ru/shop/merch/46
5. PN532 NFC RFID модуль. Версия 3 // Radio Prog URL: radioprogram.ru/shop/merch/46
6. Краткий обзор популярных последовательных интерфейсов (SPI, I2C, UART/USART) // Digitrode URL: digitrode.ru/articles/1311-kratkiy-obzor-populyarnyh-posledovatelnyh-interfeysov-spi-i2c-uart-usart.htm
7. MQTT Version 5.0 // Oasis. URL: docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html

8. Фам В.Д., Юльчиева Л.О., Киричек Р.В. Исследование протоколов взаимодействия интернета вещей на базе лабораторного стенда // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Том 4. № 1. С. 55-67.
9. Palande, V., Zaheer, A., & George, K. (2018). Fully Automated Hydroponic System for Indoor Plant Growth. *Procedia Computer Science*, 129, pp.482–488.
10. Hunkeler, U., Truong, H. L., & Stanford-Clark, A. MQTT-S — A publish/subscribe protocol for Wireless Sensor Networks. // 2008 3rd International Conference on Communication Systems Software and Middleware and Workshops COMSWARE. 2008.
11. Описание и марки полимеров - АБС-пластик // Полимерные материалы. URL: polymerbranch.com/catalog/view/8/436.html#v436
12. Фиговский О. Новейшие нанотехнологии (обзор) // Инженерный вестник Дона. 2012. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/725
13. Макаров А. В., Фирсов А. В. Использование технологий RFID и QR-кодирования с целью защиты от контрафакта продукции текстильных предприятий // Инженерный вестник Дона. 2015. №3. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_100_makarov_firsov.pdf_9d09cf3d10.pdf

References

1. Borodin V.A. *Obrazovatel'nye resursy i tehnologii*, 2014. №2 (5). p. 178.
 2. ESP32 vs ESP8266. Pros and Cons. *Maker Advisor*. URL: makeradvisor.com/esp32-vs-esp8266/
 3. NodeMCU Documentation. *NodeMCU Documentation*. URL: nodemcu.readthedocs.io/en/master/
 4. RFID-modul' RC522 [RFID-module RC522]. *3d-diy*. URL: 3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/rfid-modul-rc522/
 5. PN532 NFC RFID modul' [PN532 NFC RFID module]. *Versiya 3. Radio*
-



- Prog URL: radioprogram.ru/shop/merch/46
6. Kratkiy obzor populyarnykh posledovatelnykh interfeysov (SPI, I2C, UART/USART) [Short review of popular serial interfaces (SPI, I2C, UART/USART)]. Digitrode URL: digitrode.ru/articles/1311-kratkiy-obzor-populyarnykh-posledovatelnykh-interfeysov-spi-i2c-uart-usart.html
 7. MQTT Version 5.0. Oasis. URL: docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html
 8. Fam V.D., YUI'chiyeva L.O., Kirichek R.V. Informacionnye tehnologii i telekommunikacii. 2016. Vol. 4. Iss. 1. pp. 55–67.
 9. Palande, V., Zaheer, A., & George, K. (2018). Procedia Computer Science, vol. 129, pp. 482–488.
 10. Hunkeler, U., Truong, H. L., & Stanford-Clark, A. 2008 3rd International Conference on Communication Systems Software and Middleware and Workshops. COMSWARE. 2008.
 11. Opisanie i marki polymerov - ABS-plastik [Description and marks of polymers]. Polymernie materialy. URL: polymerbranch.com/catalogp/view/8/436.html#v436
 12. Figovskiy O. Inzhenernyy vestnik Dona (Rus). 2012. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/725
 13. Makarov A. V., Firsov A. V. Inzhenernyy vestnik Dona (Rus). 2015. №3. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_100_makarov_firsov.pdf_9d09cf3d10.pdf