ИНТЕРНЕТ НА НЕЩАТА ПЛАТФОРМА ЗА ЕФЕКТИВЕН МЕНИДЖМЪНТ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ КОНСУМАТОРИ

доц. д-р Димитър Минчев
e-mail: mitko@bfu.bg
гл. ас д-р инж. Атанас Димитров
e-mail: atanas@bfu.bg
Бургаски свободен университет

IoT PLATFORM FOR EFFICIENT MANAGEMENT OF POWER DEVICES

Assoc. Prof. Dimitar Minchev, PhD, Atanas Dimitrov, PhD
Burgas Free University

Abstract: *This article present, an Internet of Things Platform for Effective Management of Electricity Consumes. The main hardware components are the ESP8266 microcontroller from Espressif and HLW8012 specialized integrated chip from HLW Technology for measuring electrical power consumption. The software works on the TCP / IP stack and uses the MQTT protocol to communicate between devices. The minimum configuration includes a control device called „Gateway“ and two or more controllable devices called „Hosts“. A web based user interface provides access to the platform's functionality, which is with open architectures.*

Key words: *IoT, ESP8266, HLW8012, MQTT.*

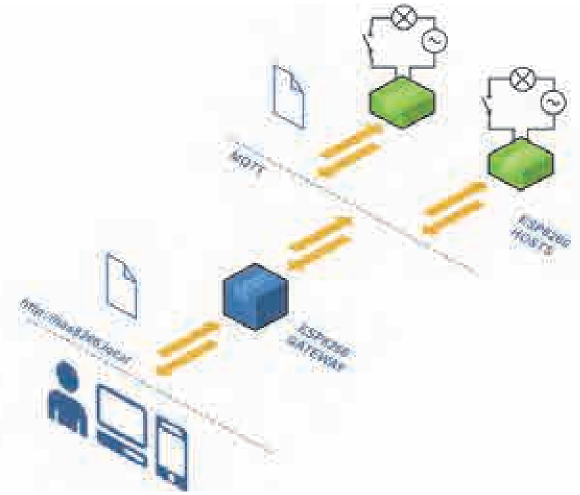
ВЪВЕДЕНИЕ

Устройствата от тип Интернет на нещата все по често стават част от нашия живот. Те се използват главно за управление и наблюдение на технологиите, която използваме всеки ден. Това означава, че устройствата обикновено са проектирани да бъдат лесно инсталирани и управлявани от потребителя. Промишлените анализатори смятат, че броят на свързаните устройства ще бъде 50 милиарда до 2020 г. Настоящият доклад разглежда Интернет на нещата платформа за ефективен мениджмънт на електрически консуматори с възможност за измерване на консумираната енергията.

I. АРХИТЕКТУРА

Опростена архитектура на платформата е показана на Фиг. 1. Предложеният модел на архитектурата на системата е модулен и се състои от множество крайни устройства, наречени Hosts, които могат да включват различни домакински електрически уреди. Всяко от тези крайни устройства има мрежов интерфейс, който позволява на устройството да се свързва към безжичната домашна мрежа, като използва най-популярните стандарти 802.11 b/g/n. Едно контролно устройство, наречено Gateway, контролира работата на всички хостове.

Това контролно устройство осигурява командна връзка с крайните устройства, като по този начин осигурява тяхното дистанционно управление.

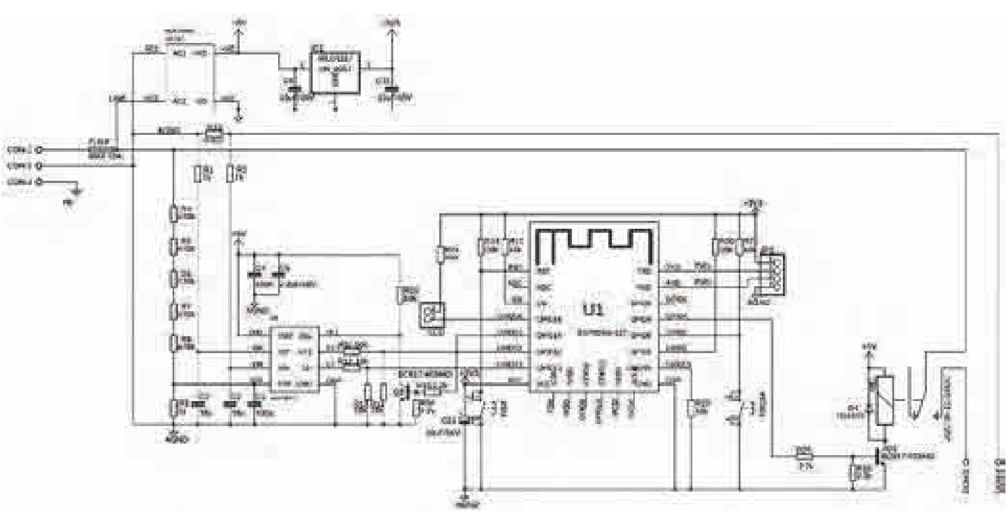


Фиг. 1. Архитектура на платформата

Комуникационният протокол използва (MQTT) [1] за предаване на данни между управляващото и крайните устройства. Изборът на този комуникационен протокол се дължи на неговите предимства. Той е олекотен и отворен за обществено ползване, описан е в спецификация OASIS [2], стандартизиран е по ISO / IEC PRF 20922 [3] и функционира върху двойката протоколи Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP).

II. ХАРДУЕР

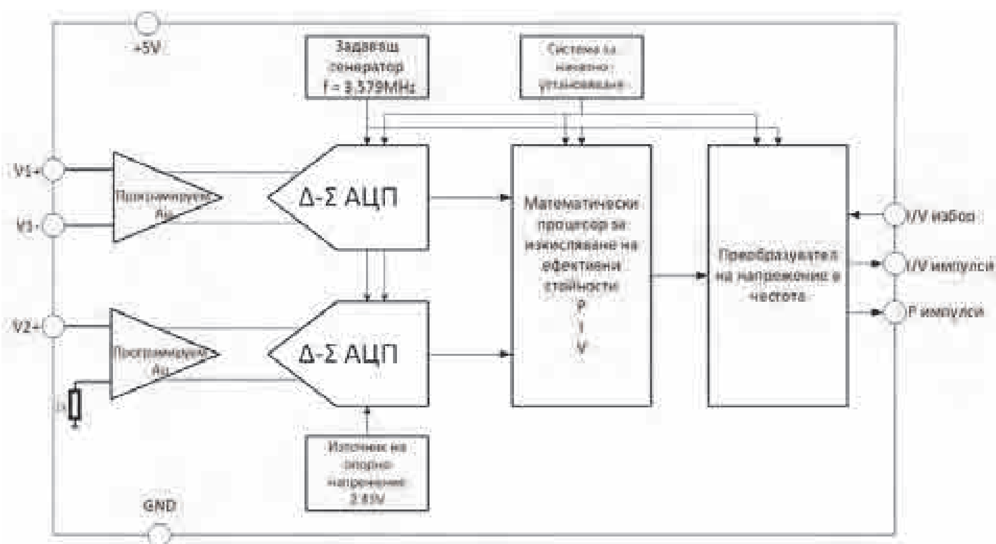
За комуникация през безжичната локална мрежа, платформата използва микро-контролер Espressif ESP8266 [4], интегриран в Wi-Fi модула ESP-12 и разработен от екипа на Ai-Thinker. Измерването на консумираната енергия на управляваните уст-ройства се извършва с интегрален измервател на енергия HLW8012 [5] (фиг.2).



Фиг. 2. Електрическа схема на единично устройство

ESP8266 интегрира 32-битова MCU архитектура с ултра ниска мощност. Ядрото на процесора може да работи с тактова честота от 80 MHz или 160 MHz. Модулът поддържа стандартен RTOS, IEEE802.11 b/g/n стандарт и пълна имплементация на TCP/IP стека, което го прави идеален за добавяне към съществуващо мрежово устройство или за изграждане на отделен мрежов контролер. Може да се използва като мрежова точка за достъп (Access Point) за разширяване на съществуваща мрежа или като крайно устройство за потребителя. За използването му като Wi-Fi разширител или самостоятелно функциониращо мрежово устройство, чипът лесно може да се добави към съществуващи микроконтролерни платформи посредством някои от интегрираните му комуникационни интерфейси SPI / SDIO или I2C / UART.

HLW8012 чипа е проектиран за измерване на ефективните стойности на консумирания ток и активна мощност на променливо токови консуматори, както и ефективната стойност на напрежението на захранващата мрежа. На Фиг. 3 е показана опростената блокова схема на интегралния измервател на енергия.



Фиг. 3. Блокова схема на HLW8012

Вътрешната логика на схемата се захранва с постоянно напрежение със стойност 5V. Измерваните физични величини се подават на два диференциални усилвателя с програмируем коефициент на усилване. Използват се Delta-Sigma аналогови цифрови преобразуватели с разрядност на преобразуването – 24 бита, а задължителните цифрови нискочестотни филтри при този вид АЦП намаляват шума от квантуването. Това е от особено значение в случая, защото амплитудите на измерваните сигнали са много малки.

За правилната работа на чипа, производителя е интегрирал и стабилизиран генератор на импулси с номинална стойност на тактовата честота *f=3.579MHz*, както и източник на опорно напрежение със стойност *Vref=2.43V*. Основната грижа на математическия процесор е да преобразува получените цифрови стойности от преобразуването в напрежение, което да бъде преобразувано в поредица от импулси с честота съответстваща напрежението. Системата за начално установяване (Power On Reset) се грижи при първоначално подаване на захранващо напрежение към HLW8012, всички функционални възли на схемата да стартират работата си от едно предварително дефинирано от производителя състояние, с което се гарантира правилната работа на чипа и в последствие коректността на направените измервания.

За измерване на консумирания ток, производителя на чипа препоръчват да се използва *1÷2mΩ* шунт от медно-манганова сплав или подобен, свързан последователно към товара (виж.

Фиг. *2*). Създалата се потенциална разлика на изводите на шунтовия резистор се подава на изводи V1+ и V1-, като за правилно измерване потенциалът на V1+ трябва винаги да е по-положителен от V1-. Стойността на шунтовия резистор се избира така, че амплитудната стойност на създаденият пад на напрежението на тези два извода да не надхвърли максимално допустимата стойност (*43,75mV*). Резистор със стойност *1mΩ* е подходящ за измерване на токове до *30A*. Тъй като, разсейваната мощност при протичането на ток с такава големина е по-малко от *1W*, това позволява да се използват резистори за печатен монтаж в корпуси *2512/2W*.

Напрежението на захранващата мрежа се измерва на извод V2+. Амплитудната стойност на напрежението, която не трябва да се надхвърля на този извод е ± *700mV*. Това налага намаляване на потенциала на измерваното мрежово напрежение, като в случая може да се използва прост делител на напрежение. В спецификацията на HLW8012, производителят препоръчва използването на делител на напрежение от шест съпротивления *470kOhm* в горното рамо на делителя и *1kOhm* в случаите, че се използват чип резистори в корпуси *0603* или *0805*. При такава конфигурация мащабният фактор е около *2821*, което ще преобразува *230V* на *82mV*. От гледна точка на минимизация на дизайна (физически размери, себестойност) в горното рамо на делителя сме използвали пет последователно свързани резистора, което променя мащабиращият коефициент на *2351*, даващ при *230V - 98mV* на този извод.

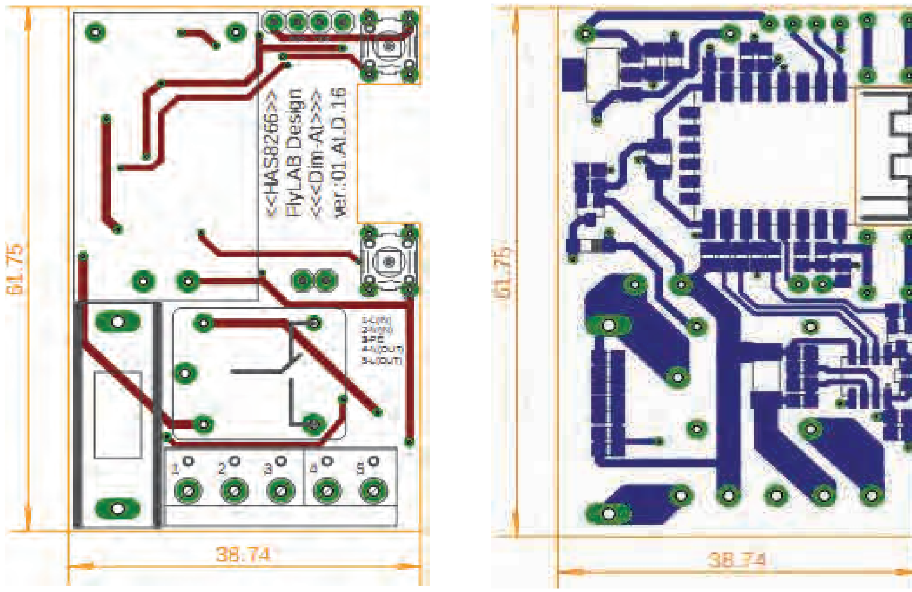
HLW8012 има два извода на които се генерират импулсни поредици с честота в зависимост от измерената стойност и коефициент на запълване на импулсите *50%* и един извод чието логическо ниво определя коя физична величина да се измерва: ток-лог.“0“ или напрежение-лог.“1“. Зависимостта на генерираната честота за активната мощност се дава с уравнение (1), а тези за тока и напрежението, респективно с (2) и (3):

(1) $$f_P = \frac{V_{1P}.V_{2P}.48}{V_{ref}^2}.\frac{f_{osc}}{128}$$

(2) $$f_I = \frac{V_{1P}.24}{V_{ref}}.\frac{f_{osc}}{512}$$

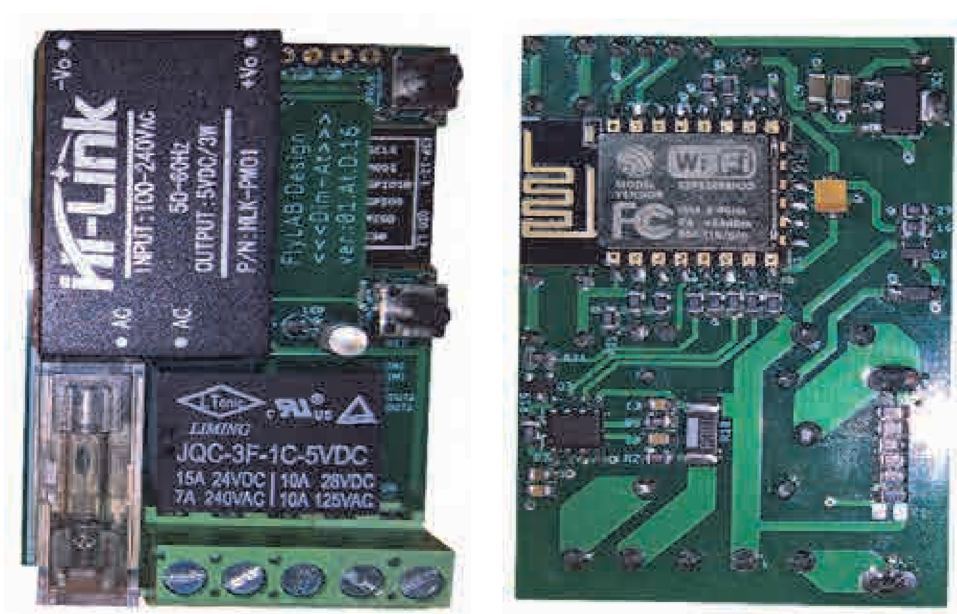
(3) $$f_V = \frac{V_{2P}.2}{V_{ref}}.\frac{f_{osc}}{512}$$

На Фиг. 4 са показани графичните оригинали на създадената платка на платформата. Както може да се види от фигурата, размерите на конструираното устройство са много малки, така че то лесно може да бъде вградено във всеки домашен електрически уред, който трябва да бъде контролиран. Към настоящият момент продукта може само да включва/изключва управляваното устройство чрез реле вградено в платката. Предвижда се тази основна функционалност в бъдеще да се разшири. Реализираното устройство е показано на Фиг. 5



a) страна „елементи“ (top layer) *b) страна „спойки“ (bottom layer)*

Фиг. 4. Графични оригинали на предложената платформа за управление на електрически консуматори



a) страна „елементи“ (top layer) *b) страна „спойки“ (bottom layer)*

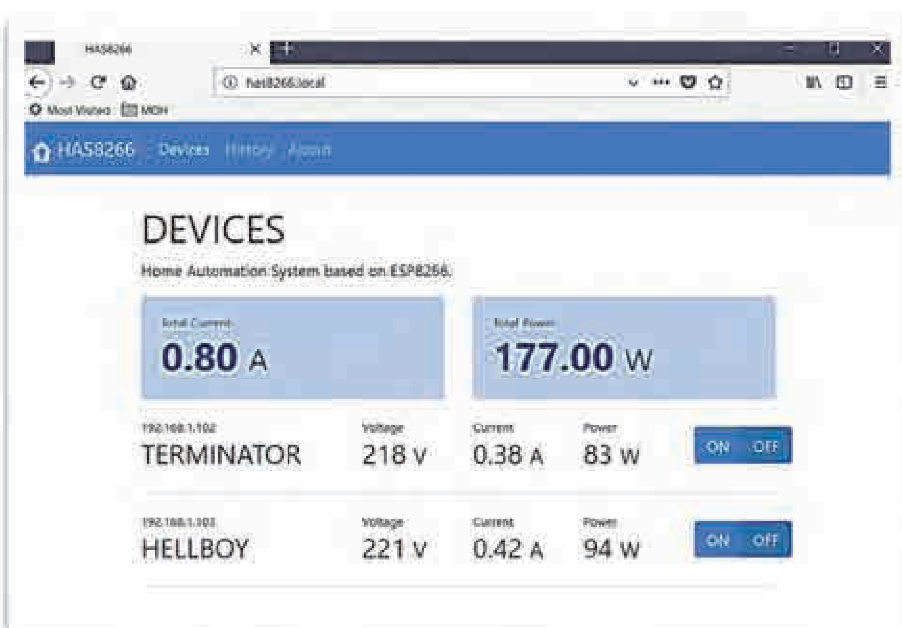
Фиг. 5. Снимка на реализираното устройство

III. СОФТУЕР

Изходният код на проекта е написан на C / C ++, използвайки Интегрирана среда за разработка (IDE) Microsoft Visual Studio Code [6] и PlatformIO [7]. По време на разработването на фърмуера, в зависимост от вида на устройството (Gateway или Host), се използват допълнителни външни библиотеки, както следва:

- За управляващото устройство (Gateway) е разработен асинхронен TCP/IP MQTT брокер, вдъхновен от оригиналният Arduino MQTT [8];
- За поддръжката на асинхронен TCP / IP уеб сървър се използва ESP Async WebServer [9];
- Протоколът JSON за изпращане и получаване на команди за двете устройства Gateway и Host се обработва с помощта на ArduinoJson [10];
- MQTT клиент функционалност за хостващото устройство изисква PubSubClient [11];
- Измерване на консумираната енергия се осигурява от библиотеката HLW8012 [12] на Хосе Перес;
- Списък на свързваните хост устройства се съхранява в QList [13] на Мартин Фагарин;
- Мрежово запитване към крайните устройства от страна на управляващото устройство се осигурява от ESP8266Ping [14] на Даниеле Коланарди;
- Функционалността на таймера за двете устройства Gateway и Host се предоставя от Ticker [15] на Стефан Стауб.

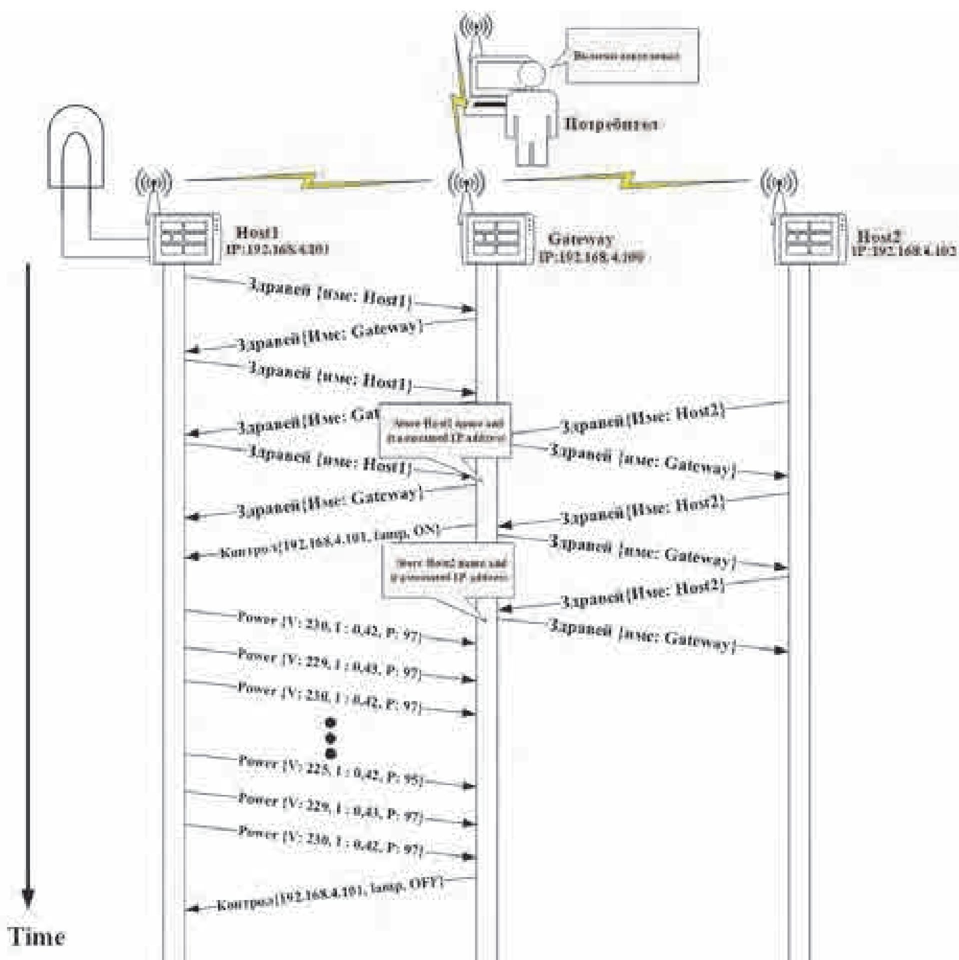
Изгледът на контролният уеб интерфейс е показан на Фиг. 6.



Фиг. 6. Изглед на контролния уеб интерфейс

Комуникацията между управляващото и крайните устройства се осъществява посредством MQTT съобщения върху TCP/IP протоколите (
Фиг. *7*).

Когато отделен хост се включи към захранващата мрежа, той изпраща към Gateway устройството „Здравей“ съобщение, съдържащо името му. Ако управляващото устройство успешно е приело това съобщение, отговаря обратно, като изпраща към управляваното устройство своето име. Този „ехо“ сигнал от страна на Gateway устройството не само потвърждава, че е добавило към списъка на свързаните към него устройства, хоста инициирал комуникацията, но и че е записал в маршрутната си таблица съответният IP адрес на host устройството. Връзката между двете устройства се счита за установена след тройно изпращане на съобщението от тип „Здравей“.



Фиг. 7. TCP/IP сесия за управление на електрически консуматори

В работен режим потребителят комуникира с хост устройствата посредством управляващото устройство (Gateway). Когато към Gateway е изпратена потребителска команда за включване на конкретно устройство, той от своя страна изпраща съобщение „Контрол“ на IP адреса на устройството от таблицата за маршрутизиране, за да задейства желания хост. При получаване на съобщение „Контрол“ хостът периодично отговаря с „Power“ съобщение. „Power” съобщението се състои от информация за консумацията на енергия, измерена чрез HLW8012, и съдържа 3 полета: напрежение на електрическата мрежа, консумиран ток и активна мощност от управляваното устройство.

Пълният изходен код на HAS е наличен като отворен софтуер в GitHub Repository и може да бъде свободно изтеглено в Интернет на адрес:

https://github.com/dimitarminchev/HAS8266

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящият доклад разглежда Интернет на нещата платформа за ефективен мениджмънт на електрически консуматори. Основните хардуерни компоненти са микроконтролерът ESP8266 от компанията Espressif и специализирана интегрална схема HLW8012 на компанията HLW Technology за измерване на консумирана енергия. Софтуерът работи върху TCP / IP стека и използва протокола MQTT за комуникация между устройствата. Минималната конфигурация включва едно устройство за управление, наречено „Управляващо устройство“ и две или повече управляеми устройства наречени „Крайни устройства“. Уеб базиран потребителски интерфейс осигурява достъп до функционалностите на платформата, която е с отворена архитектура.

Литература:

1. Message Queue Telemetry Transport (MQTT), http://www.mqtt.org/
2. OASIS Standard Incorporating Approved Errata 01, MQTT Version 3.1.1 Plus Errata 01, http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/mqtt-v3.1.1.html
3. ISO/IEC 20922:2016, Information technology, Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) v3.1.1, https://www.iso.org/standard/69466.html
4. ESP8266EX, Espressif System, https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf
5. HLW8012, Hiliwi Technologies, www.hiliwi.com/products_detail/&productId=36.html
6. Microsoft Visual Studio Code, https://code.visualstudio.com/download
7. PlatformIO IDE for VSCode, http://platformio.org/platformio-ide
8. Arduino MQTT broker, https://github.com/xDWart/MQTTbroker
9. ESP Async WebServer, http://platformio.org/lib/show/306/ESPAsyncWebServer
10. ArduinoJson, http://platformio.org/lib/show/64/Json
11. PubSubClient, http://platformio.org/lib/show/89/PubSubClient
12. Xose Perez, HLW8012, https://bitbucket.org/xoseperez/hlw8012
13. Martin Dagarin, QList, https://github.com/SloCompTech/QList
14. Daniele Colanardi, ESP8266Ping, https://github.com/dancol90/ESP8266Ping
15. Stefan Staub, Ticker, https://github.com/sstaub/Ticker