

Голубєв Л.П.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Ківа І.Л.

Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПОБУТОВИМИ ПРИСТРОЯМИ НА БАЗІ HOME ASSISTANT

У статті розглянуто створення системи моніторингу споживання електроенергії побутовими пристроями. Проведено аналіз існуючих мікропроцесорних систем управління розумним будинком. Запропонований авторами підхід дозволяє здійснювати моніторинг електроенергії, що ґрунтується на можливості вимірювання споживання електроенергії кожним побутовим приладом окремо. Таким чином, можна гнучко і динамічно змінювати конфігурацію споживачів електроенергії.

Розроблено структуру системи, засновану на використанні мікрокомп'ютера Orange PI Zero 3, який забезпечує достатню продуктивність та має невелику ціну. Для моніторингу та управління споживання електроенергії побутовими споживачами авторами використана система Home Assistant (НА), яка призначена для домашньої автоматизації та підтримує пристрої різних виробників, забезпечує створення складних сценаріїв моніторингу та автоматизації процесів. Ця система з відкритим програмним кодом працює як через web-інтерфейс, так і в додатку для мобільних пристроїв.

У процесі розробки системи виконано інсталяцію пакета Home Assistant Supervisor, необхідного для встановлення програмного забезпечення. Розроблено конфігурацію Wi-Fi розетки та виконано її підключення до системи HomeAssistant.

Підключення кінцевих споживачів виконувалося за допомогою обладнання фірми eWeLink, завдяки чому можна не лише моніторити споживання електроенергії, але й, при необхідності, віддалено керувати підключенням споживачів.

Інформація про споживання електроенергії динамічно відображається на екрані користувача та автоматично записується у БД. Таким чином, користувач має можливість надалі аналізувати споживання електроенергії кожним споживачем. Крім цього, в період блекауту є можливість віддалено отримати інформацію про наявність електроенергії у приміщенні у будь-який момент часу.

Ключові слова: споживання електроенергії, моніторинг, Home Assistant, мікрокомп'ютер, Orange PI Zero 3, Wi-Fi-розетка, автоматизація споживання електроенергії.

Постановка проблеми. У період російської агресії та постійних варварських ракетних атак на енергетичну інфраструктуру України особливо актуальним є питання моніторингу та управління споживання електроенергії побутовими пристроями споживання.

Дуже важливо моніторити споживання електроенергії окремим побутовим приладом, зберігати отримані дані БД для подальшого аналізу та прийняття рішень.

Особливо важливо моніторити споживання електроенергії під час живлення побутових приладів від акумуляторних джерел живлення (таких як EcoFlow, Bluetti та ін.), т.к. від цього залежить час роботи зарядної станції до чергової підзарядки. Необхідно також, щоб будь-який користувач міг

оперативно моніторити споживання електричної енергії побутовими приладами і мати можливість дистанційно керувати підключенням.

Тому розробка автоматизованої системи моніторингу та управління споживання електроенергії побутовими приладами є на сьогоднішній день особливо актуальною.

Більшість існуючих систем орієнтується на інформацію, одержувану з квартирних лічильників електроенергії. Цей підхід дає сумарну картину споживання електроенергії всієї квартири (вдома), але далеко не всі лічильники обладнані відповідним інтерфейсом.

Автори запропонували новий метод моніторингу споживання електричної енергії, що базується на використанні програмної системи Home Assistant.

Home Assistant – це одна з найпопулярніших програмних платформ проектування, автоматизації та керування пристроями розумного будинку та інтернету речей різних брендів. Система реалізована мовою програмування Python та має відкритий вихідний код.

За допомогою Home Assistant можна, наприклад, встановити сповіщення про завершення роботи посудомийної машини, налаштувати автоматизацію для освітлення/опалення, увімкнення/вимкнення вентилятора залежно від температури та вологості або щось складніше. Список інших популярних кейсів можна знайти у спеціальному розділі Examples на сайті програми.

Одна з головних переваг системи – її доступність. Вона працює на пристроях під управлінням усіх сучасних ОС. Виконати інсталяцію Home Assistant можна на Windows, MacOS, Linux або навіть на Raspberry Pi. Завдяки мобільному додатку установка можлива не тільки на стаціонарні комп'ютери та ноутбуки, а й на смартфони та планшети на Android та iOS.

Доцільно щоб система, що розробляється, була органічно включена в загальну систему управління будинком.

Створення автоматизованої системи моніторингу споживання електричної енергії побутовими пристроями на основі HomeAssistant дозволить користувачеві відстежувати в реальному часі споживання електроенергії та керувати підключеними пристроями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження в галузі розробки систем моніторингу та керування споживанням електроенергії показують значний прогрес у використанні технологій IoT, мікроконтролерів та сучасних методів аналізу даних.

Ці дослідження вказують на важливість інтеграції високоточних сенсорів, використання машинного навчання для аналізу даних, та впровадження енергозберігаючих технологій для покращення функціональності та надійності вимірювальних комплексів.

У роботах [7–9] розглядаються питання, пов'язані з побудовою та експлуатацією систем розумного будинку. Детально розглядається налаштування елементів для розумного будинку – установка пристроїв, а також їх прив'язка до додатків та цифрових помічників для управління ними. Розглядаються конкретні області розумних домашніх пристроїв, включаючи встановлення та налаштування, а також способи керування ними після їх запуску та роботи. Деякі області,

які докладно розглядаються, включають: розумне освітлення, розумне опалення, розумні системи безпеки, розумні домашні камери, розумні замки, розумні розетки.

Автори у роботах [1, 6] розглядають питання створення власної екосистеми для автоматизації будинку за допомогою програмного забезпечення Home Assistant. Розглянуто компоненти системи домашньої автоматизації, створення та налаштування їх для безперебійної роботи, встановлення Home Assistant на Raspberry Pi для роботи як сервер домашньої автоматизації, створення власних датчиків IoT на основі ESP32/ESP8266 та налаштування реальних сценаріїв використання автоматизації на базі практичних прикладів та проектів.

Рішення на основі Home Assistant для розумного будинку з використанням мікроконтролерів описані у роботах [2, 3]. Розглянуто такі питання: проектування та створення індивідуальних пристроїв домашньої автоматизації; підключення пристроїв Google Home та Google Voice Assistant до Raspberry Pi; навігація операційними системами домашньої автоматизації.

У роботах [4, 5] автори пропонують використовувати Raspberry Pi як мікрокомп'ютер для розумного будинку на основі Home Assistant. Розглянуто питання встановлення, налаштування системи Home Assistant на Raspberry Pi, а також питання підключення різних датчиків температури, вологості, тиску повітря, руху, а також відеокамери.

Однак питання моніторингу споживання електроенергії та енергозбереження розглянуті, на наш погляд, не повною мірою. Крім того, більшість рішень виконано на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi та не розглянуто можливість використання інших мікрокомп'ютерів, хоча їх застосування є економічно доцільним.

Постановка завдання. Метою статті є розробка автоматизованої системи моніторингу споживання електричної енергії побутовими приладами. Система повинна видавати користувачу інформацію про поточний стан споживання побутовим приладом електроенергії (Wh), напругу (V) та спожитий струм (A). Також повинна бути реалізована можливість віддаленого управління підключенням побутових пристроїв.

Виклад основного матеріалу. Система моніторингу та керування споживання електроенергії побутовими приладами складається з наступних компонентів: керуючий пристрій (мікрокомп'ютер), програмна платформа (Home Assistant), блок вимірювання споживання та керу-

вання підключенням побутових пристроїв (Wifi Smart Socket WHZ01-WC).

Як керуючий пристрій системи було обрано мікрокомп'ютер OrangePI Zero 3 з такими основними параметрами:

- процесор: чотири-ядерний Allwinner H618 Cortex-A53 із тактовою частотою 1,5 ГГц;
- графічний процесор: Mali-G31 MP2 з підтримкою OpenGL ES 1.0/2.0/3.2, OpenCL 2.0, Vulkan 1.1;
- CPU: Allwinner H618 4 ядра Cortex-A53 1.5ГГц;
- GPU: Mali G31 MP2 підтримка OpenGL ES 1.0/2.0/3.2, OpenCL 2.0, Vulkan 1.1;
- Оперативна пам'ять: 1ГБ LPDDR4;
- Flash: 16МБ SPI Flash;
- WiFi + Bluetooth: підтримка WiFi5 та Bluetooth 5.0;
- Інтерфейс GPIO: 26 контактів + 13 контактів;
- Живлення: 5V3A через Type-C;
- Підтримувані OS: Android 12 TV, Debian11, Debian12, Ubuntu22.04, Ubuntu20.04;
- Розміри плати: 50 x 55 мм.

На рис. 1 представлені компоненти та інтерфейси Orange PI Zero 3:

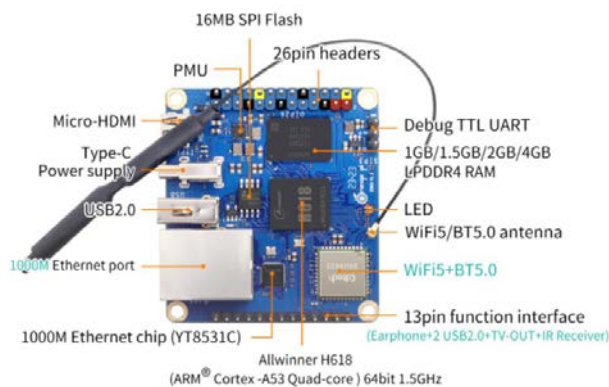


Рис. 1. Основні компоненти та інтерфейси мікрокомп'ютера OrangePI Zero 3

Вибір цього мікрокомп'ютера обумовлений його параметрами, які забезпечують встановлення та стабільну роботу Home Assistant та дуже низькою ціною (~\$12).

Як програмна платформа системи була обрана Home Assistant, яка була встановлена на мікрокомп'ютер OrangePI Zero3. Це зумовлено такими властивостями системи Home Assistant:

- відкритий вихідний код;
- велика кількість пристроїв різних виробників, що підтримується Home Assistant;
- підтримка всіх стандартів (Wi-Fi, BlueTooth, ZigBee, Z-Wave та ін.);
- простота освоєння та використання;

– величезне ком'юніті, завжди готове допомогти і порадами, і готовим програмним кодом.

Home Assistant – програмна платформа для домашньої автоматизації, що забезпечує вирішення всіх супутніх питань – від додавання пристроїв до створення сценаріїв будь-якої складності та використання голосових помічників. Основна мова розробки – Python, але для вирішення більшості завдань користувачу не доведеться власноруч писати жодного рядка коду.

Однією з головних переваг Home Assistant є просте конфігурування системи. На відміну від більшості аналогічних платформ, тут не потрібно постійного звернення до командного рядка для зміни конфігурації. Конфігурація зберігається в YAML-файлах (при розгортанні під Linux – у папці `~/.homeassistant`, основний конфігураційний файл – `configuration.yaml`). Файли конфігурації можна редагувати в будь-якому текстовому редакторі, всі зміни застосовуються після перезавантаження налаштувань у веб-інтерфейсі на вкладці Configuration – General.

Під час першого запуску платформи необхідно сформувати обліковий запис користувача та вказати геолокацію, після цього система створить конфігураційні файли, завантажить передбачені варіантом установки додаткові модулі, розгорне локальний веб-сервіс, доступний за адресою `http://localhost:8123`.

У браузері при переході на цю адресу користувачеві буде доступний веб-інтерфейс програми (рис. 2).

Однією з головних переваг НА проти основними конкурентами є дуже багато інтеграцій. На сторінці офіційного сайту (<https://www.home-assistant.io/integrations/>) сьогодні пропонується близько 2000 перевірених та схвалених спільнотою інтеграцій.

Системи та пристрої, які ви можете підключити за допомогою інтеграцій, включають Amazon Alexa, Google Nest та Google Assistant, Samsung SmartThings, ZHA (Zigbee Home Automation), Xiaomi, Dyson та багато інших (рис. 3). Тут можна знайти не тільки датчики та виконавчі механізми, але шлюзи для підключення, у тому числі для девайсів інших екосистем – Apple, Samsung, Ikea, Xiaomi. До списку включені не тільки фізичні пристрої, а й багато онлайн-сервісів. Однак не всі пристрої підключаються до Home Assistant автоматично, вибравши відповідний компонент.

Для моніторингу споживання електроенергії та керування побутовими приладами необхідно встановити установку компонента eWeLink

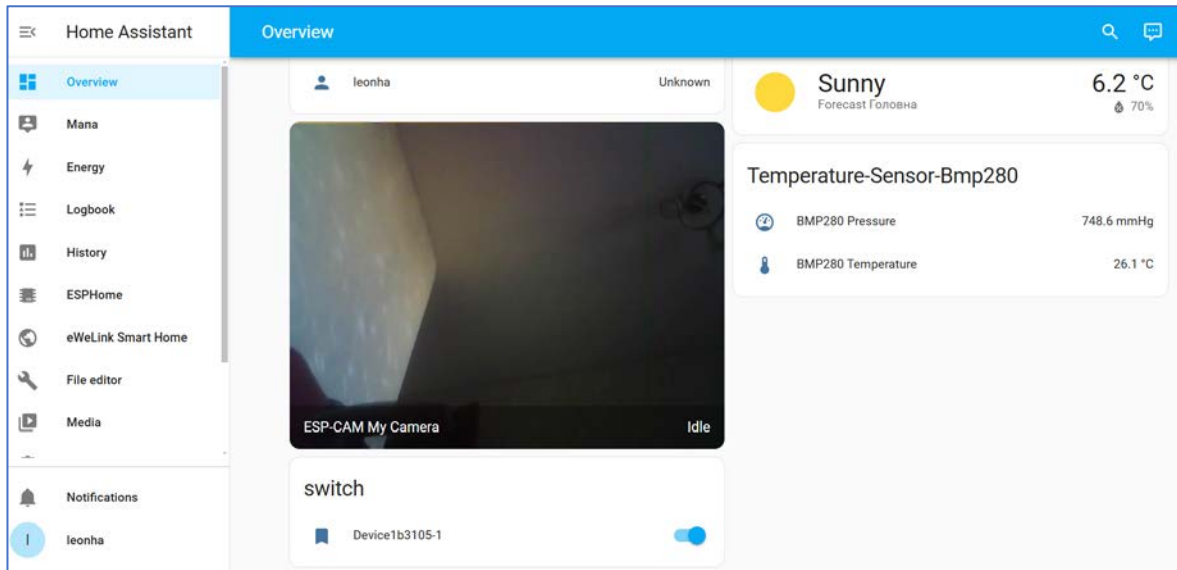


Рис. 2. WEB-інтерфейс програми Home Assistant

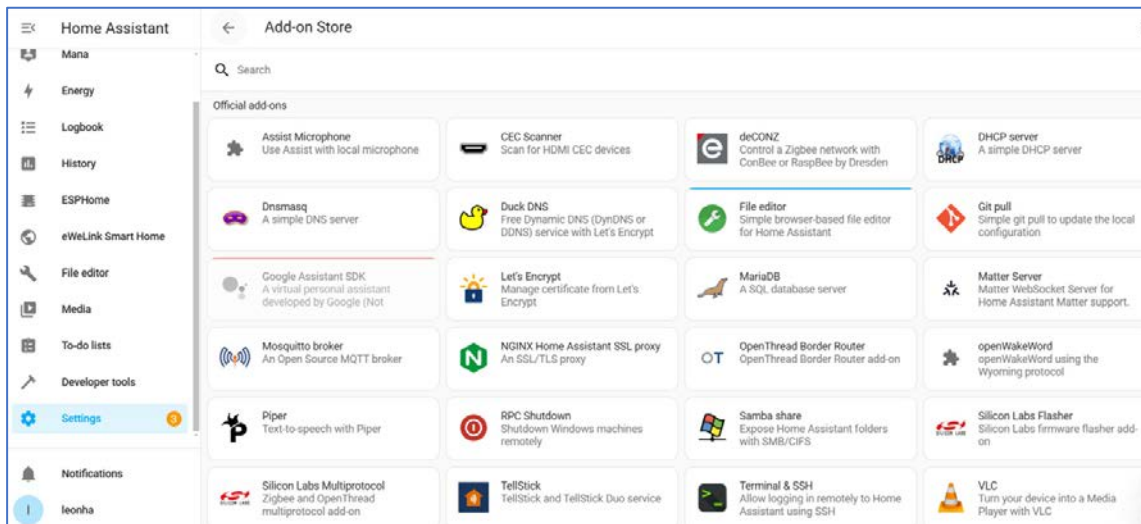


Рис. 3. Список компонентів, що підключаються

Smart Home, який підтримує пристрій Wifi Smart Socket WHZ01-WC. У стандартному переліку виробників він відсутній, тому для його встановлення необхідно звернутись за адресою: <https://github.com/CoolKit-Technologies/ha-addon> та завантажити необхідне програмне забезпечення.

Після встановлення необхідно виконати налаштування компонента, вказавши відповідні параметри (рис. 4).

У конфігураційному файлі `switch_Device1b3105-1.yaml` буде записана конфігураційна інформація. Після цього при переході в Web-інтерфейс цього пристрою буде відображатися поточне значення напруги, струму та електроенергії, що споживається.

Рис. 5 демонструє процес моніторингу споживання електроенергії настільним комп'ютером. Поточне значення споживання електроенергії побутовим споживачем становить 91,5 Вт. У цьому вікні за допомогою кнопки можна керувати підключенням відповідного пристрою.

Для моніторингу споживання електроенергії на вибраному побутовому пристрої в певному часовому інтервалі необхідно перейти на вкладку `Stats-History`

На рис. 6 наведено споживання електроенергії настільним комп'ютером за листопад місяць. З аналізу отриманої інформації слід, що максимальне добове споживання електроенергії настільним комп'ютером становить 1,2 кВт. Можна відзначити, що у вихідні споживання електроенергії

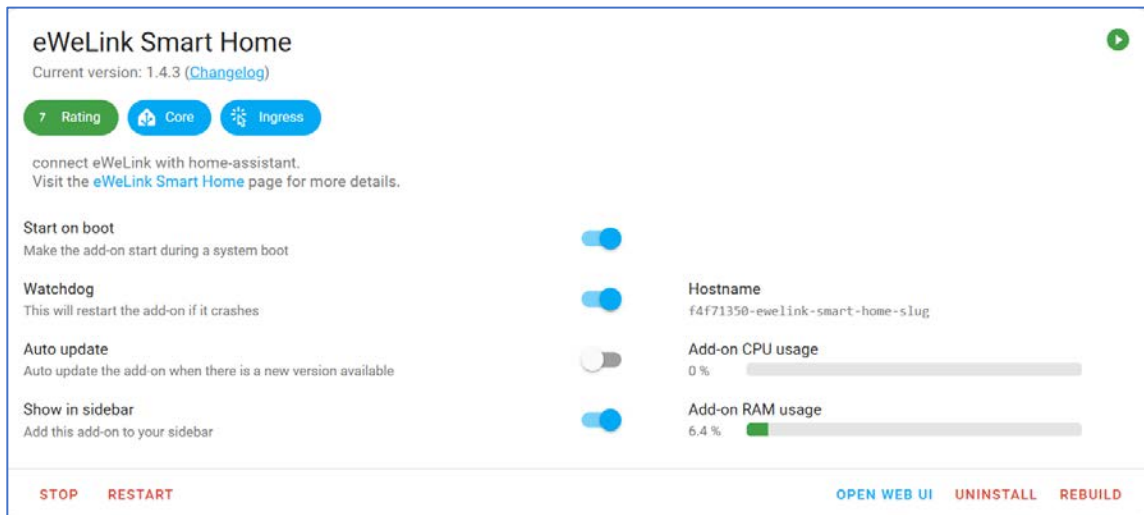


Рис. 4. Вікно встановлення та керування параметрами eWeLinkSmartHome

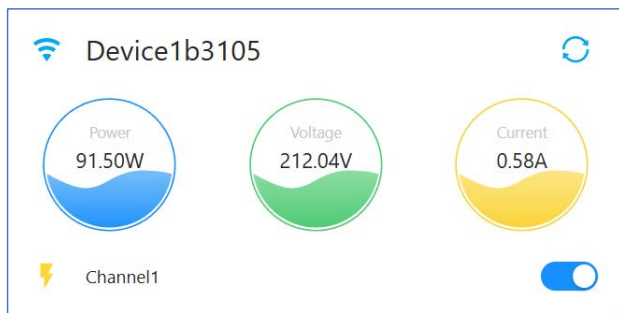


Рис. 5. Поточні показники напруги, струму та споживання електроенергії настільним комп'ютером

цим споживачем зменшується. Сумарне споживання електроенергії за місяць становить 14,1 кВт.

Висновки. У даному дослідженні розглянуто розроблену систему моніторингу споживання електроенергії за допомогою інтернет-платформи Home Assistant.

Безперечною перевагою системи є можливість оперативного спостереження споживання електроенергії побутовими споживачами, і навіть можливість віддаленого включення чи відключення побутового приладу за необхідності і в такий спосіб змінювати конфігурацію підключених пристроїв. Збереження спостережень у БД дає можливість досліджувати історію споживання



Рис. 6. Споживання електроенергії настільним комп'ютером протягом місяця

електроенергії та робити відповідні висновки. Використання програмної бази системи Home Assistant дозволяє включити розроблену систему в інтегровану систему управління розумним будинком.

Список літератури:

1. M. Carvalho Building Smart Home Automation Solutions with Home Assistant: Configure, integrate, and manage hardware and software systems to automate your home. Packt Publishing, 2023. 356 p.
2. D. Norris Home Automation with Raspberry Pi: Projects Using Google Home, Amazon Echo, and Other Intelligent Personal Assistants. McGraw-Hill Education TAB, 2019. 240 p.
3. Dipankar Saha Smart Home Automation with IoT: The ultimate DIY guide for making smart homes using open-source softwares (English Edition), BPB Publications, 2024. 218 p.

4. Christoph Rothermel, Mike Riley Your Raspberry Pi Smart Home: Setting up your Smart Home with Home Assistant – Affordable and Manufacturer Independent, Independently published, 2023. 114 p.
5. Ricardo Gerardi Automate Your Home Using Go: Build a Personal Data Center with Raspberry Pi, Docker, Prometheus, and Grafana, Pragmatic Bookshelf, 2024. 162 p.
6. Christoph Rothermel Your Smart Home Upgrade: Over 100 Ideas for Automation with Home Assistant – From Light and Climate Control to Security Optimization (Your Smart Home with Home Assistant, 2024. 149 p.
7. Marlon Buchanan The Smart Home Manual: How to Automate Your Home to Keep Your Family Entertained, Comfortable, and Safe (Home Technology Manuals), HomeTechHacker, 2020. 136 p.
8. Andrew Howe The Smarthome Book: Simple ideas to assist with your smarthome renovation, Independently published, 2018. 120 p.
9. Nick Vandome Smart Homes in easy steps: Master smart technology for your home, In Easy Steps Limited; 1st edition, 2018. 192 p.
10. Wolfgang Beer Open Source Home Automation: An Introduction into Home Assistant and Open Source Home Automation, B08JJ5PYQJ, 2020. 96 p.

Golubev L.P., Kiva I.L. AN AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION BY DEVICES BASED ON HOME ASSISTANT

The article considers the creation of a system for monitoring electricity consumption by household appliances. An analysis of existing microprocessor-based smart home control systems is carried out. The approach proposed by the authors allows for electricity monitoring, which is based on the ability to measure electricity consumption by each household appliance separately. Thus, it is possible to flexibly and dynamically change the configuration of electricity consumers.

The system structure is developed based on the use of the Orange PI Zero 3 microcomputer, which provides sufficient performance and has a low price. To monitor and manage electricity consumption by household consumers, the authors used the Home Assistant (HA) system, which is designed for home automation and supports devices from different manufacturers, providing the creation of complex scenarios for monitoring and automating processes. This open source system works both through a web interface and in an application for mobile devices.

During the system development process, the Home Assistant Supervisor package, which is required for software installation, was installed. The Wi-Fi socket configuration was developed and its connection to the HomeAssistant system was completed.

The connection of end consumers was carried out using eWeLink equipment, which allows not only monitoring electricity consumption, but also, if necessary, remotely controlling the connection of consumers.

Information about electricity consumption is dynamically displayed on the user's screen and automatically recorded in the database. Thus, the user has the opportunity to further analyze the electricity consumption of each consumer. In addition, during the blackout period, it is possible to remotely obtain information about the availability of electricity in the room at any time.

Key words: *electricity consumption, monitoring, Home Assistant, microcomputer, Orange PI Zero 3, Wi-Fi-socket, automation of electricity consumption.*