

## PROJEKT LISTWY ZASILAJĄCEJ W OPARCIU O KONCEPCJĘ INTERNETU RZECZY

Adam NOWOMIEJSKI<sup>1</sup>, Łukasz ŁAGUNA<sup>2</sup>, Dominik MICH<sup>3</sup>, Szymon MARKIEWICZ<sup>4</sup>, Stanisław GALLA<sup>5</sup>

1. Student Politechniki Gdańskiej, Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki  
e-mail: s142908@student.pg.edu.pl
2. Student Politechniki Gdańskiej, Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki  
e-mail: lukasz.laguna1@gmail.com
3. Student Politechniki Gdańskiej, Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki  
e-mail: dommich@student.pg.edu.pl
4. Student Politechniki Gdańskiej, Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki  
e-mail: s149084@student.pg.edu.pl
5. Politechnika Gdańska, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki, Katedra Metrologii i Optoelektroniki  
tel.: 58 347 21 40 e-mail: galla@eti.pg.edu.pl

**Streszczenie:** W referacie przedstawiono podstawowe uwarunkowania, jakimi należy kierować się przy opracowywaniu urządzeń należących do klasy obiektów określanych mianem „Internetu Rzeczy” na przykładzie zrealizowanego prototypu listwy zasilającej. Przedstawione w pracy urządzenie przeznaczone jest do sterowanie różnorodnymi odbiornikami energii elektrycznej niemogącymi być bezpośrednio sterowanymi z sieci Ethernet. W pracy przedstawiono przyjęte założenia projektowe oraz zastosowane rozwiązania. Przedawniono również wyniki testów prototypu i wskazano na napotkane problemy.

**Słowa kluczowe:** Internet rzeczy, listwa zasilająca, sterowanie bezprzewodowe

### 1. INTERNET RZECZY WPROWADZENIE

Urządzenia określane mianem „Internet Rzeczy” (ang. Internet of things - IoT) umożliwiają połączenie w sieć wszystkich rodzajów obiektów (urządzeń). Związane jest to z nową wizją przyszłego świata. W którym wszystkie urządzenia zarówno cyfrowe (wirtualne) jak i fizyczne są połączone za pomocą odpowiedniej infrastruktury. IoT stanowi połączenie świata cyfrowego oraz fizycznego w jedną strukturę umożliwiającego korzystanie i współdziałanie zarówno na płaszczyźnie informatycznej jak i fizycznej. Podstawy koncepcji IoT przyjmują, iż następuje współistnienie i współdziałanie trzech podstawowych założeń definiujących IoT. Zakładają one, że urządzenia IoT są zdolne do pracy [1], [2]:

- Zawsze.
- Wszędzie.
- Z wszystkim.

Definicja ta opiera się na podstawowych cechach IoT. Zakłada się, iż IoT będą stanowiły w większości urządzenia elektroniczne, które składają się z układu transmisyjnego (obecnie najczęściej modułu radiowego małej mocy), układu mikrokontrolera wraz z różnego rodzaju sensorami i układami wykonawczymi oraz oprogramowaniem. Nowo projektowane urządzenia IoT wbudowane są w różnorodne urządzenia min. licznik, sprzęt przemysłowy, sprzęt domowy, przełączniki światła, silniki i wiele innych. Jednakże istnieje potrzeba integracji z IoT różnego rodzaju

urządzeń starszych generacji. Wymaga to wykonania różnego rodzaju urządzeń integrujących starszego typu rozwiązania. Ze względu na wygodę zastosowania najczęściej preferowanym rozwiązaniem są różnorodne technologie zapewniające dostępność urządzeń za pomocą rozwiązań bezprzewodowych. Podczas projektowania nowych rozwiązań wymaga się, aby projektanci IoT wykorzystywali podstawowe ich cechy, ale równocześnie pilnowali szeregu ograniczeń wynikających z stosowania tego typu rozwiązań: [1], [3].

- Występowanie heterogeniczności urządzeń tzn. występowanie dużej liczby urządzeń korzystających z różnych rozwiązań (występowanie znacznych niejednorodności).
- Zapewnienie skalowalności urządzeń wynikającej z faktu, iż w strukturę Internetu dołączane będą nowe urządzenia. Wiąże się to z koniecznością rozwiązania problemu dotyczącego m.in: adresacji i nazewnictwa, wzajemnej łączności oraz gospodarki zasobami danych.
- Zastosowania układów optymalizujących zużycie energii.
- Wprowadzenie metod bezpieczeństwa i ochrony danych oraz metod zapewniających prywatność – ze względu na ścisłe powiązanie wykonywanych czynności z możliwością ich nieuprawnionego użycia.
- W przypadku urządzeń wykorzystujących połączenia bezprzewodowe konieczność spełnienia wymagań zawartych w „Dyrektywie RED”.

Przedstawione powyżej ogólne wymagania względem urządzeń IoT pozwoliły na przyjęcie następujących ogólnych wymagań dla realizowanego projektu.

- Zmniejszenia kosztów używania urządzeń elektrycznych.
- Zwiększenia komfortu obsługi listwy zasilającej.
- Zmniejszenie czasu interakcji z listwą.
- Zwiększenie bezpieczeństwa układów zasilanych z listwy.

## 2. PRZYJĘTE ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE NA PODSTAWIE ANALIZY ISTNIEJĄCYCH ROZWIĄZAŃ

W ramach pracy dokonano analizy kilku dostępnych rozwiązań komercyjnych. Analizie podano wyłącznie rozwiązania, których sterowanie dostępne jest z poziomu sieci Internetowej. W przedstawionych opisach zaprezentowano deklarowane przez producentów podstawowe cechy danego rozwiązania.

### 2.1. Revogi SOW323

Rozwiązanie powyższej przedstawione na rys. 1 umożliwia: sterowanie grupowe lub pojedynczymi gniazdami w listwie. Sterowanie oparte jest o rozwiązania „chmury” z wykorzystaniem interfejsu WWW (przeglądarki) lub aplikacji mobilnej. Dla każdego z gniazd można określić maksymalnie do 5 funkcji przełączania lub odliczania [4]. Podstawowe funkcje listwy i oprogramowania umożliwiają realizację:

- Funkcji master-slave: jedno z gniazd może być skonfigurowane, jako master, pozostałą można ustawić, jako "slave" lub "neutralne".
- Monitorowania zużycia energii łącznie dla całej listwy jak i rozdzielnie dla każdego z portów. Pozwalając na określanie poboru prądu w czasie rzeczywistym i możliwość tworzenia zestawień historycznych dla okresów: dnia, tygodnia, miesiąca lub roku.
- Port sieci LAN na listwie może być stosowany, jako most do przesyłania sygnału za pomocą kabla RJ 45 do innych urządzeń znajdujących się w pobliżu.
- Moc maksymalna podłączonych odbiorników do 2300 W,
- Listwa wykorzystuje sterowanie za pomocą Wi-Fi 802.11 b/g/n.



Rys. 1. Listwa zasilająca Revogi SOW 323 [4]

### 2.2. Broadlink MP 1

Listwa umożliwi również grupowe i pojedyncze sterowanie gniazdami. Możliwe jest sterowanie lokalne za pomocą przycisków znajdujących się na obudowie. Do sterowania wykorzystuje się aplikację mobilną „Broadlink”. Główne cechy urządzenia i aplikacji sterującej [5]:

- Wskaźnik stanu pracy pokazujący bieżący stan gniazda.
- Funkcja „Timer”: przyporządkowana do każdego gniazda osobno.
- Możliwość tworzenia harmonogramów czasu pracy danych gniazd.
- Możliwość kontroli pobieranej energii/mocy przez poszczególne gniazda.

- Deklarowana wysoka odporność obudowy na palność na poziomie 750 C.
- Moc maksymalna podłączonych odbiorników do 2000 W.
- Listwa wykorzystuje sterowanie za pomocą Wi-Fi 802.11 b/g/n.



Rys. 2. Listwa zasilająca Broadlink MP 1 [5]

### 2.3. TP – Link HS110

Stanowi przykład pojedynczego sterowalnego zdalnie gniazda. Sterowanie możliwe jest wyłącznie w środowiskach Android lub iOS za pomocą aplikacji „Kasa”. Podstawowa funkcjonalność umożliwia ustawianie harmonogramu działania oraz monitorowanie bieżącego zużycia energii. Za pomocą dodatkowo płatnej aplikacji (Amazon Echo) istnieje możliwość kontroli urządzenia za pomocą poleceń głosowych [6]. Gniazdo umożliwia obsługę obciążeń do 1800 W. Wykorzystuje również sterowanie za pomocą Wi-Fi 802.11 b/g/n.



Rys. 3. Gniazdo zasilające TP Link HS 110 [6]

### 2.4. Przyjęte założenia projektowe

Na podstawie analizy podstawowych parametrów deklarowanych przez przedstawionych powyżej producentów sformułowano następujące założenia, jakim powinien odpowiadać realizowany projekt w warstwie sprzętowej:

- Umożliwić sterowanie 6 gniazdami niezależnie.
- Umożliwić wykorzystanie zarówno sieci Wi-Fi 802.11 b/g/n jak i Bluetooth.
- Umożliwić pomiary energii elektrycznej w każdym z gniazd.
- Konstrukcja obudowy powinna wykorzystywać gniazda typu E (stosowane w Polsce).
- Spełnienie podstawowych wymagań bezpieczeństwa zawartych np. w PN-EN 60950-1.

W zakresie proponowanego oprogramowania sterującego zakładano powstanie aplikacji mobilnej jak i przewidywano możliwością sterowania za pomocą aplikacji internetowych.

Proponowane rozwiązanie powinno umożliwiać zarządzanie stanem bieżącym i historycznym każdego z gniazd w listwie. Zdalna kontrola powinna być prowadzona z uwzględnieniem systemu zabezpieczenia dostępu do systemu zarządzania za pomocą danych uwierzytelniających. W tym zakresie funkcjonalność programowa powinna zapewniać:

- Obsługę wielu kont użytkowników za pomocą danych uwierzytelniających.
- Przydzielanie uprawnień użytkownikom (np. dostęp do jednego gniazda, sterowanie o wybranych porach dnia),
- Powiadomienia o zmianach stanu i operacjach innych użytkowników.

Założono również możliwość wykorzystania baz danych pracujących w chmurze. Dostęp do bazy danych powinien umożliwiać:

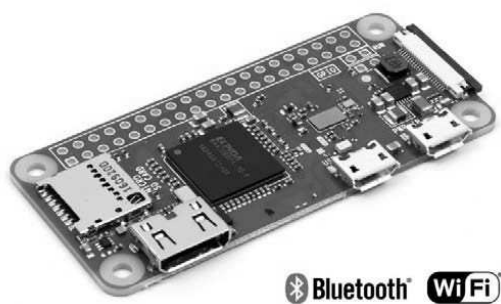
- Przeglądanie danych historycznych dotyczących sterowania i zarządzania każdym z gniazd. Obejmującym informacje o danych użytkowników, jak i wykorzystywanych harmonogramach.
- Ustalania indywidualnych bądź grupowych harmonogramów pracy gniazd.

### 3. ZREALIZOWANY UKŁAD

#### 3.1. Podstawowe układy i elementy projektu

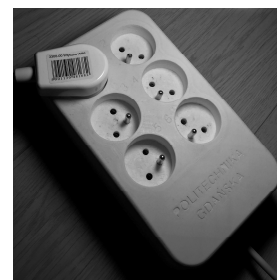
Do realizacji projektu wybrano moduł Raspberry PI Zero W będącym w chwili wyboru realizacji projektu najmniejszym układem z tej rodziny (rysunek 4), charakteryzuje się on [7]:

- Zaimplementowaniem modułu bezprzewodowego umożliwiającego komunikację w ramach Bluetooth 4.1, BLE oraz Wi-Fi 802.11 b/g/n.
- Zawiera złącza: mini kamery, gniazda micro SD, mini HDMI, 2 x micro SB.
- Wymiarami: 65 mm x 30 mm x 5 mm.



Rys. 4. Moduł Raspberry PI Zero W [7]

Wykonany układ sterowania listwy został oparty o serwer uruchomiony na Raspberry PI, do którego są przesyłane żądania obsługi. Następnie powyższe komunikaty są przekazywane do mikrokontrolera ATMEGA328P-AU, w którym znajduje się program interpretujący wiadomości oraz sterujący gniazdami listwy. Do pomiarów parametrów energii elektrycznej pobieranej z listwy zaimplementowanie układu ADE 7755 ARSZ [8], firmy Analog Device. Podstawowe układy izolujące zostały oparte o optotriaki MOC3021 [9], oraz transoptory LTV-814S [10] firmy Liteon zapewniające napięcie izolacji na poziomie 6 kV (dla udaru 1,2/50  $\mu$ s). Obudowę listwy wykonywano w technologii druku 3D z wykorzystaniem pakietu oprogramowania Inventor (firmy Autodesk). Zdjęcie zrealizowanej obudowy wraz z zaimplementowanymi układami przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Zrealizowany układ prototypu listwy zasilającej

### 4. BADANIA I TESTY PROTOTYPU

W końcowej fazie projektu zrealizowano szereg testów kontrolnych. Obejmowały one zarówno testy sprzętu, jaki i oprogramowania zgodnie z wymaganiami dla sprzętu AGD. Badania wykonywano przy nadzorze osób zajmujących się zawodowo badaniami z zakresu Dyrektywy LVD. Wykonany prototyp był również użytkowany przez osoby niezwiązane bezpośrednio z projektem. Sprawdzały one funkcjonalność opracowanych rozwiązań w praktycznych zastosowaniach domowych. W toku prowadzonych testów zidentyfikowano szereg problemów dotyczących wykonania obudowy, płytek PCB oraz prowadzenia wiązek kablowych oraz dotyczących przyjętych rozwiązań programowych. Poniżej przedstawiono zidentyfikowane problemy podzielone na grupy dotyczące:

Konstrukcji obudowy:

- Zaprojektowane mocowanie płytek PCB do obudowy wykonanej w postaci druku 3D nie było trwałe. Stwierdzono w toku użytkowania odklejanie się śrub mocujących płytki PCB od obudowy.
- Konstrukcji odciażki mocującej kabel zasilający.
- Niskiej, jakości tworzywa sztucznego zastosowanego do druku 3D.

Projektów płytek PCB i wiązek kablowych:

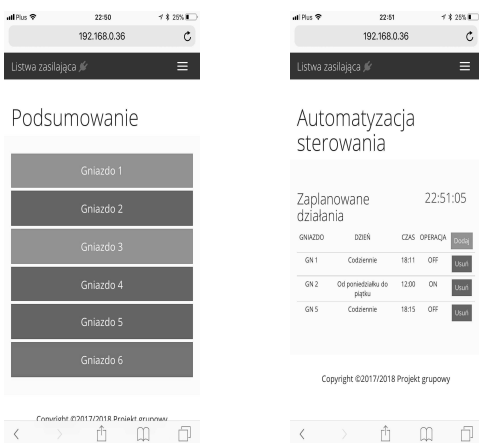
- Projekt nie zapewniał odległości minimalnej pomiędzy ścieżkami po powierzchni płytki drukowanej wynoszącej 3,2 mm wymaganej pomiędzy ścieżkami obwodów zasilanych z 230 V AC.
- Również odległości pomiędzy wyprowadzeniami elementów nie zapewniały wymaganej odległości minimalnej (niewłaściwy montaż i projekt prototypu płytki PCB).
- Nie osiągnięto zakładanego poziomu izolacyjności 1500 V<sub>RMS</sub>, osiągnięto wartość  $\approx 1000$  V<sub>RMS</sub> napięcie zmierzono za pomocą testera HV AC zgodnie z wymaganiami normalizacyjnymi wg PN-EN 60950-1.
- Nie właściwy dobór materiałów przewodów zasilających wewnątrz obudowy (powinny być wykonane z przewodów posiadających podwójną izolację).
- Nie prawidłowego prowadzenia wiązek kablowych wewnątrz obudowy (nie rozdzielania przewodów o różnych potencjałach).

W zakresie oprogramowania stwierdzono:

- Występowanie błędów w kodzie i logice testowanych programów.
- Tester zewnętrzny stwierdził, iż oprogramowanie mobilne jest zbyt absorbująca równocześnie zaproponował wprowadzenie możliwości wskazywania lokalizacji urządzenia (na podstawie wskazań sieci).
- Wprowadzenia możliwości analizy pobieranej energii w dowolnych przedziałach czasowych.

- Wprowadzenie przedziałowości działania urządzeń (wyłączanie zasilania po przekroczeniu określonego poboru energii/mocy na określonym gnieździe listwy)
- Możliwość tworzenia własnych formularzy harmonogramów pracy.
- Równocześnie sugerując uproszczenie układu aplikacji mobilnej, aby była bardziej „jednoznaczna”.

Na tej podstawie opracowano finalną wersję oprogramowania mobilnego. Wygląd okna głównego aplikacji przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Finalny rzut ekranu aplikacji mobilnej

## 5. WNIOSKI KOŃCOWE

Prowadzony projekt udało się studentom doprowadzić do działającego w prototypu, który został podany badaniom i wymaga wprowadzenia znacznych zmian w warstwie sprzętowej, aby móc zademonstrować w pełni funkcjonalne urządzenie mogące być sprzedawane na rynku. Wykonane testy wskazały na konieczność bardziej szczegółowego podejścia do problemów związanych z projektowaniem. W szczególności obszarów będących połączeniem wymagań dotyczących obudowy, prowadzenia wewnętrznych wiązek kablowych jak i zrozumieniem, i zastosowaniem wymagań zawartych w normach. W warstwie aplikacji mobilnej natomiast okazało się, iż podstawowa funkcjonalność powinna być bardziej prosta i przejrzysta. Niewymagająca zbyt dużej uwagi. Równocześnie testerzy zwrócili uwagę, iż pożądana jest możliwość tworzenia i pozyskania różnorodnych formularzy pracy jak również informacji o charakterze historycznych o pracy układu. Ciekawym i pouczającym doświadczeniem było również wykorzystanie prototypowania obudowy w technice 3D. Wskazujące na jej mocne strony (szybkość wykonania i prostotę projektowania) jak i na poważne ograniczenia. Związane głównie z koniecznością poznania zasad projektowania obudów w odniesieniu do własności stosowanych tworzyw sztucznych. Powstały prototyp realizował zakładane funkcje jednakże nie spełnia na pewno wymagań bezpieczeństwa dla tego typu urządzeń. Dodatkowo należałoby sprawdzić wymagania związane z Dyrektywą RED. Przekracza to jednak zdecydowanie dostępny czas na jego realizację. Za

zrealizowany zakres prac nad prototypem urządzenia zespół projektowy uzyskał wyróżnienie Dziekana Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej w ramach zajęć dydaktycznych Projekt Grupy realizowany w roku 2017. Niestety nie jest on dalej rozwijany, gdyż tworząca go grupa projektowa zakończyła studia.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. “Internet\_of\_things.pdf.” [Online]. Available: <https://www.microsoft.com/pl-pl/internet-of-things/> [Accessed: 19-Apr-2018].
2. “Internet of Things » Transition Technologies PSC,.” *Transition Technologies PSC*. [Online]. Available: <https://ttpsc.pl/internet-of-things/> [Accessed: 19-Apr-2018].
3. “Internet Rzeczy.” [Online]. Available: [https://www.sas.com/pl\\_pl/insights/internet-of-things.html](https://www.sas.com/pl_pl/insights/internet-of-things.html). [Accessed: 19-Apr-2018].
4. “Listwa zasilająca WiFi Revogi SOW323,.” [Online]. Available: <https://www.conrad.pl/p/listwa-zasilajaca-wifi-revogi-sow323-zlaczce-bezpieczne-ilosc-gniazdek-6-1388630>. [Accessed: 19-Apr-2018].
5. Banggood.com, “Broadlink MP1 Smart Home Wifi Timing Plug Power Strip 4 Ports Individual Wireless Remote Control,.” *www.banggood.com*. [Online]. Available: <https://www.banggood.com/Broadlink-MP1-Smart-Home-Wifi-Timing-Plug-Power-Strip-4-Ports-Individual-Wireless-Remote-Control-p-1052671.html>. [Accessed: 19-Apr-2018].
6. “HS110 | Smart Plug Wi-fi z kontrolą zużycia energii | TP-Link Polska.” [Online]. Available: [https://www.tp-link.com/pl/products/details/cat-5258\\_HS110.html](https://www.tp-link.com/pl/products/details/cat-5258_HS110.html). [Accessed: 19-Apr-2018].
7. “Raspberry Pi Zero W 512MB RAM - WiFi + BT 4.1 - Botland - Sklep dla robotyków.” [Online]. Available: [https://botland.com.pl/module-i-zestawy-raspberry-pi-zero/8330-raspberry-pi-zero-w-512mb-ram-wifi-bt-41.html?utm\\_source=googleAW&utm\\_medium=pricears2&utm\\_campaign=raspberry-pi-zero-w-512mb-ram-wifi-bt-41&gclid=EAIaIQobChMIgt2KtP\\_P2gIVVNwZCh1QRQXeEAQYAiABEgLPg\\_D\\_BwE](https://botland.com.pl/module-i-zestawy-raspberry-pi-zero/8330-raspberry-pi-zero-w-512mb-ram-wifi-bt-41.html?utm_source=googleAW&utm_medium=pricears2&utm_campaign=raspberry-pi-zero-w-512mb-ram-wifi-bt-41&gclid=EAIaIQobChMIgt2KtP_P2gIVVNwZCh1QRQXeEAQYAiABEgLPg_D_BwE). [Accessed: 23-Apr-2018].
8. “ADE7755.pdf.” [Online]. Available: <https://www.tme.eu/pl/Document/3b0e6aa7b5af6407c1a46fe707c3d2be/ADE7755.pdf> [Accessed: 23-Apr-2018].
9. “97984.pdf.” [Online]. Available: <http://www.farnell.com/datasheets/97984.pdf> [Accessed: 29-May-2018].
10. “LTV814S.pdf.” [Online]. Available: <https://www.tme.eu/pl/Document/7eccc93533477312d8d2bd45634ef22e/LTV814S.pdf> [Accessed: 29-May-2018].

## THE INTERNET THINGS ON THE EXAMPLE OF A POWER STRIP PROJECT

The paper presents the basic conditions that should be followed when developing Internet of Things (IoT) devices on the example of the implemented power strip arrangement that allows control of various electric energy receivers. The article assumed design assumptions and applied solutions. The results of the prototype tests were also subjected to expiration and indicates the problems encountered.

**Keywords:** Internet of things, power strip, wireless.