

WYŻSZA SZKOŁA BANKOWA W GDAŃSKU
WYDZIAŁ FINANSÓW I ZARZĄDZANIA W GDAŃSKU

Adam Lengenfeld

nr albumu 33883

**Zastosowania Internetu Rzeczy w Projekcie
Zautomatyzowanego Formicarium**

**Praca licencjacka
na kierunku informatyka**

**Praca napisana pod kierunkiem
dr Dariusz Kralewski**

Gdańsk 2018

Spis treści

Wstęp.....	3
Rozdział 1. Internet Rzeczy.....	5
1.1. Definicja Internetu Rzeczy	5
1.2. Zastosowania Internetu Rzeczy.....	7
1.3. Big Data a Internet Rzeczy.....	9
1.4. Zagrożenia Internetu Rzeczy.....	10
Rozdział 2. Wybrane platformy mikrokontrolerowe.....	12
2.1. Platforma Arduino.....	12
2.1.1. Klony platformy Arduino.....	13
2.2. Platforma Raspberry Pi	16
2.3 Platformy firmy Intel.....	18
2.4. Porównanie platform mikrokontrolerowych Arduino z Raspberry Pi.....	19
Rozdział 3. Projekt Zautomatyzowanego Formicarium.....	25
3.1. Opis działania układu Zautomatyzowanego Formicarium.....	25
3.2. Środowisko programowania mikrokontrolerów.....	26
3.2.1. Główne biblioteki dla Arduino wykorzystane w Projekcie Zautomatyzowanego Formicarium.....	28
3.3. Układ sterowania światłem oraz jego komponenty.....	31
3.4. Układ sterownika zautomatyzowanego formicarium.....	34
3.5. Bazodanowy pakiet serwera w Projekcie Zautomatyzowanego Formicarium.....	39
3.6. Mechanizm działania serwisu WWW dla Zautomatyzowanego Formicarium.....	43
Zakończenie.....	48
Spis źródeł.....	50
Spis tabel.....	52
Spis ilustracji.....	53

Wstęp

Wobec bogatego i różnorodnego świata zwierząt szczególną uwagę przykuwają niewielkie owady społeczne należące do rodziny błonówek, mrówki. W dzisiejszych czasach nauka o nich myrmekologia coraz bardziej się rozszerza. Powodem jest nie tylko rozwój informacji w dobie internetu i rozpowszechnianie nauki, ale samo dostrzeżenie dominacji mrówek w ekosystemie na arenie globalnej oraz możliwość obserwowania niezwykle ciekawych ugrupowań za pomocą różnego rodzaju formicariów. Mrówki dzięki swej liczebności, olbrzymiej konsumpcji oraz organizacji społecznej są w stanie bardzo silnie wpływać na inne elementy środowiska.¹ Stanowi to niezwykle ciekawy obszar badań dla współczesnych biologów, którzy badają je, za pomocą obserwacji, mrówek umieszczonych w różnego rodzaju formikariach. Pomimo, iż formikaria są często stosowanym narzędziem w badaniach nad mrówkami, ciągłym ich problemem jest dostosowanie temperatury odpowiedniej dla danego gatunku czy też wilgotności powietrza. Rozwiązaniem wymienionego wyżej problemu może być monitorowanie oraz sterowanie formicarium za pomocą mikrokontrolerów.

Monitorowanie i kontrola jest głównym podmiotem każdej dziedziny, która może zapewnić efektywne działanie, stąd jego znaczenie rośnie wykładniczo w tej nowoczesnej erze. Na całym świecie są miliony przemysłów, w których różne parametry i środki mają być umieszczone w ramach limitu. Różnice w tych wartościach mogą prowadzić do zaprzestania działania, a nawet zniszczenia sprzętu. Dlatego te powinny być monitorowane w czasie rzeczywistym i kontrolowane. System kontroli i monitorowania procesu opracowano w celu monitorowania wartości procesu i kontrolowania wartości wymaganych bez interfejsu człowieka. W związku z tym można go zdefiniować jako mechanizm usuwający tyle interakcji między ludźmi, ile jest to technicznie możliwe i pożądane w różnych procesach krajowych i zastępujący je programowanymi systemami elektronicznymi.

W ramach poniższej pracy postanowiono zaprojektować samowystarczalne formicarium wymagające minimalnej ingerencji człowieka. Budowa wyżej wspomnianego formicarium za pomocą mikrokontrolerów ma na celu zbadanie ich zastosowań oraz zmniejszyć niepożądane oddziaływania i udoskonalić obserwacje mrówek. Poniższa praca przedstawia innowacyjne zastosowania informatyczne, które wykorzystano podczas realizacji projektu, budowy zautomatyzowanego za pomocą programowania formicarium. Struktura poniższej pracy zawiera trzy rozdziały.

¹ B. Werber, *Imperium Mrówek*, Sonia Draga, nr 2, Katowice 2015, s. 10-15.

Pierwszą część stanowi rozdział teoretyczny, w którym zamieszczony został opis szeroko zakreślonego pojęcia Internetu Rzeczy. Zawiera on również opis zastosowań Internetu Rzeczy we współczesnym świecie oraz przedstawia zagrożenia, które mogą wystąpić za jego pośrednictwem. W trzecim rozdziale opisano również znaczenie Big Daty dla Internetu Rzeczy.

Drugi rozdział pracy składa się z opisu wybranych platform mikrokontrolerowych. W tym rozdziale umieszczono również porównanie dwóch popularnych mikrokontrolerów Arduino z Rassybery Pi. Ponadto rozdział zawiera opis klonów wyżej wspomnianych platform.

Trzecią część pracy stanowi opis własnego, Projektu Zautomatyzowanego Formicarium. W tym rozdziale opisano wykorzystane komponenty do budowy projektu, środowisko programowania, wykorzystane biblioteki oraz dwa układy, sterowania światłem oraz cały układ, dzięki któremu uruchomiono Projekt Zautomatyzowanego Formicarium. Rozdział ten zawiera również opis stworzenia strony WWW dla projektu oraz mechanizmy jej działania.

Ostatnią część pracy stanowi zakończenie, w którym umieszczone zostały wnioski wyciągnięte z pracy nad Projektem Zautomatyzowanego Formicarium. W zakończeniu umieszczono również podsumowanie całej pracy oraz własne spostrzeżenia wyciągnięte z pracy nad całością projektu.

Na ostatnich stronach pracy umieszczono spis źródeł, ilustracji oraz tabel. Literatura, która wykorzystana została w całości pracy to źródła książkowe, jak i elektroniczne. Źródła wykorzystane w poniższej pracy to literatura fachowa, artykuły naukowe, kursy oraz czasopisma tematyczne. Są to źródła napisane w języku polskim oraz angielskim.

Internet Rzeczy

Termin Internet Rzeczy użyty został po raz pierwszy w 1999 r. przez Kevina Ashtona. Pierwotna nazwa to Internet of Things obecnie często stosowany jest skrót IOT.² Jest to koncepcja, która jednoznacznie identyfikuje przedmioty, które mogą pośrednio albo bezpośrednio zapisywać, przetwarzać i wymieniać dane za pośrednictwem sieci globalnej. Do grupy przedmiotów tego typu można zaliczyć oświetlenie, urządzenia gospodarstwa domowego i grzewcze, oraz szereg innych, które wykorzystywane są w codziennym życiu. IOT ma szereg zastosowań takich jak np. inteligentny dom, sieć zdrowia, systemy pomiarowe, środowisko obserwowania zagrożeń meteorologicznych oraz wiele innych.³ Wielkość opisywanej koncepcji została zobrazowana na rysunku nr 1.

3 Tamże, s. 24.

Termin Internet Rzeczy wykorzystywany jest zamiennie do terminu Internet Wszechrzeczy, który to określa sieć procesów, ludzi, danych oraz rzeczy podłączonych do internetu. Ostatnie stulecie było przełomowe dla branży ICT w tym czasie branża przeszła dwie ogromne zmiany. Pierwsza ze zmian nastąpiła w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych. Ten czas zapoczątkował główne zmiany w projektach 3D, unowocześnieniu rozwiązań wspomagających automatykę i robotykę. Druga fala transformacji nastąpiła wskutek pojawienia się sieci internetowej oraz połączonych z nią rozwiązań. Zakłada się, iż Internet Rzeczy ma wpłynąć w znacznym stopniu na, trzecią falę zmian.⁴ Internet Rzeczy jest powszechnie stosowaną koncepcją, jego spory obszar zastosowań daje spore możliwości. Na Internet Rzeczy składa się każda identyfikowalna rzecz, która za pośrednictwem internetu jest w stanie gromadzić oraz przetwarzać dane.

IOT cechuje jego wszechstronność oraz wszechobecność. Wszechobecność to bardzo istotna cecha oznacza ona, iż w obecnym czasie do sieci podłączonych jest więcej urządzeń niż użytkowników. Natomiast cecha zwana wszechobecnością odnosi się do przedmiotów, które pomagają nam sterować zdalnie różnego rodzaju mechanizmami czy alarmować o nie pożądanym zdarzeniach. Przewiduje się, iż w przyszłości urządzenia IOT będą komunikowały się ze sobą na szeroką skalę, spowodowane będzie to rozpowszechnieniem urządzeń, które ułatwią życie ludzi. Tak duża liczba urządzeń powoduje marnotrawienie mocy obliczeniowej, przez co bardzo ważną staje się optymalizacja oprogramowań. Komponenty, specjalistyczne oprogramowanie poprawiające funkcjonalność w połączeniu ze zbieraniem i analizą danych prowadzą do kreacji nowych oraz coraz doskonalszych usług, co pozwala społeczeństwu dużo szybciej się rozwijać i tworzyć innowacyjne rozwiązania, a nawet udoskonalać system ratowania życia.⁵

Pierwotnie urządzenia spełniające funkcje Internetu Rzeczy posiadały wysoki stopień wyspecjalizowania. Były one bardzo kosztowne, co spowodowało wykorzystywanie ich głównie w przemyśle. Praca tych urządzeń polegała głównie na pozyskiwaniu danych z maszyn produkcyjnych i przesyłaniu ich do systemów monitorujących. Składały się one głównie z czujników oraz czytników. Obecnie urządzenia te wyewoluowały do takiego stopnia zaawansowania, iż wystarczy mała płytka z chipsetem Wi-Fi oraz elektroprzewodnik do sterowania każdym urządzeniem elektrycznym. Nowoczesne urządzenia posiadają prywatny adres IP, co umożliwia przekazywanie informacji oraz manipulację.⁶

⁴ P. Adamczewski, *Internet Rzeczy w rozwoju e-logistyki organizacji inteligentnych*, [w:] Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, nr 249, Katowice 2015, s. 284-285.

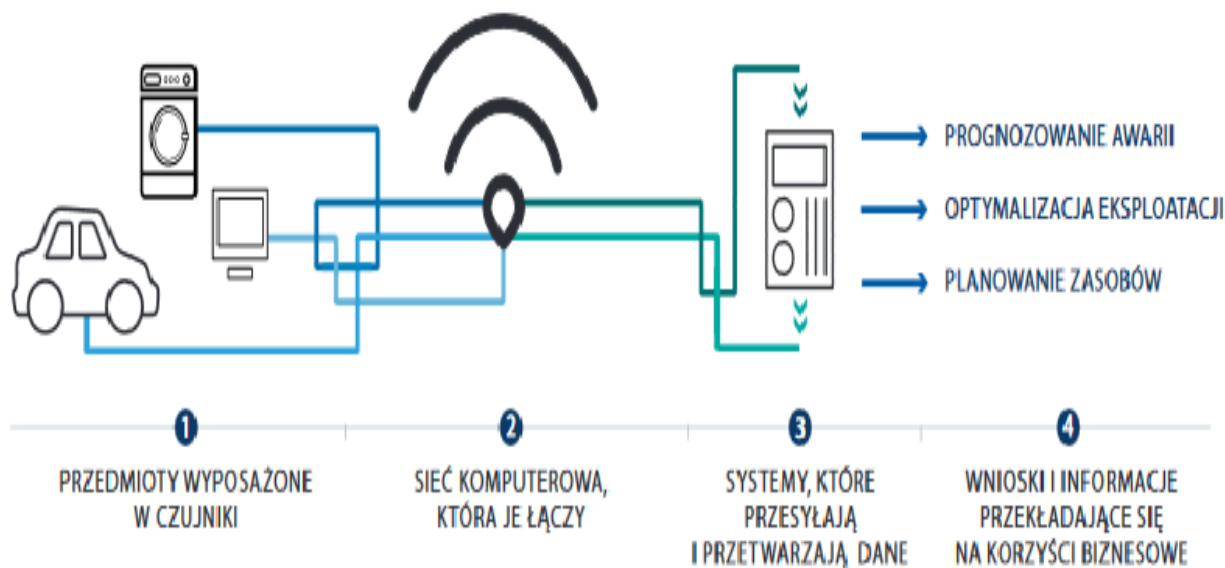
⁵ Tamże, s. 287.

⁶ M. Miller, *Internet rzeczy*, PWN, Warszawa 2016, s. 30-33.

1.2. Zastosowania Internetu Rzeczy

Internet Rzeczy można zastosować na bardzo wiele sposobów, w wielu branżach biznesowych oraz życiu zwykłego człowieka. IOT ma zadanie zbierać dane z sensorów oraz przetwarzać je w zrozumiały sposób dla użytkownika. Dbają o to systemy analityczne dedykowane dla Internetu Rzeczy. W urządzenia do zbierania informacji można wyposażać praktycznie wszystko. Dzięki temu rzeczy potrafią gromadzić dane, opisują swoje działanie, nie ma znaczenia czy jest to statek kosmiczny, czy inteligentna odzież. Informatyka staje się wszechobecna w każdej dziedzinie życia człowieka. Ideą działania jest wyposażenie przedmiotów w sensory pomiarowe, które zbierają dane, przesyłają je, przez sieć gromadzą, oraz analizują. Dzięki podejściu analitycznemu do danych zyskujemy ogromną wiedzę na temat działania i funkcjonowania maszyn, optymalnej hodowli zwierząt, upraw, przewidywaniu i monitorowaniu pogody, potrafimy przewidywać awarie, wykrywać nieoczekiwane działanie, wiadomo, kiedy wymienić należy część maszyny. Za pomocą tych systemów możemy przyspieszać, maksymalizować wszelkie procesy, poprawić bezpieczeństwo oraz wyciągać wnioski. Poniższy rysunek przedstawia mechanizm zastosowań Internetu Rzeczy.⁷

Rysunek 2. Zastosowania Internetu Rzeczy



Źródło: <https://iab.org.pl/wp-content/uploads/2015/09/Raport-Internet-Rzeczy-w-Polsce.pdf>, odczyt z dnia: 05.09.2018.

Jak widać, na rysunku powyżej, rzeczy posiadające zamontowane sensory, komunikują się poprzez internet z mechanizmem odbioru oraz przetwarzania danych, a następnie informacje wyciągnięte z systemu przedstawiają całościowy obraz. Za pomocą tego przykładu można planować zasoby, przewidzieć wymianę części w maszynach oraz zwiększać produktywność.

⁷ M. Miller, *Internet rzeczy*, PWN, Warszawa 2016, s. 34-38.

Internet Rzeczy znalazł zastosowanie w wielu branżach biznesowych, przemyśle służbie zdrowia, a nawet pomaga tworzyć systemy inteligentnego miasta. IOT pomaga tworzyć systemy ratowania życia. Sprawna opieka nad pacjentami w szpitalach stwarza możliwości opieki w domu lub gdziekolwiek na ziemi. Taką możliwość daje noszenie oraz zainstalowanie czujników na ciele pacjenta. Monitoring zasobów medycznych wraz z zarządzaniem za pomocą chmury. To rozwiązanie daje lekarzom więcej czasu dla pacjentów. Sensory potrafią też monitorować sterylność, w salach szpitalnych, sprawdzać sprawność oraz gotowość urządzeń medycznych do użytku. System tego typu pozwoli uniknąć pomyłek i eliminuje zagrożenia dla pacjenta, zanim wystąpią. Dzięki Internetowi Rzeczy można też poprawić samopoczucie pacjentów, poprzez założenie czujników na łóżkach szpitalnych oraz kontrole i monitoring temperatury, kontrole stacji dezynfekcji i mycia rąk. Dzięki temu zmniejszyły się wskaźniki ponownych przyjęć pacjentów do szpitala. Internet Rzeczy ogromnie wpływa na jakość służby zdrowia. Systemy monitoringu szpitala pozwalają firmom informatycznym, które zajmują się usługami medycznymi coraz bardziej rozumieć pacjentów. IoT dostarcza informacje, które pozwalają pełnić usługi medyczne doskonale, stwarza to ogromne możliwości, ratuje życie ludziom, poprawia warunki w szpitalach oraz stwarza opiekę zdrowotną najwyższej klasy.⁸

W przemyśle Internet Rzeczy stwarza nowe możliwości dla producentów. Połączenie maszyn urządzeń mobilnych komputerów oraz systemów analitycznych tworzy inteligentne fabryki. Procesy produkcyjne wytwarzają ogromne ilości danych, dzięki zaawansowanym systemom IoT jesteśmy w stanie je analizować, przetwarzać oraz optymalizować. Bardzo ważne jest posiadanie dostępu do tych danych, producenci dzięki nim potrafią rozpoznawać nowe źródła przychodów, potrafią udoskonalać swoje produkty oraz poprawiać jakość swoich usług. Fabryki posiadające systemy oparte o Internet Rzeczy mają swoistą przewagę nad konkurencją.⁹

Internet Rzeczy dla handlu i usług. Udostępnianie podwładnym ekspertyz analitycznych z kas fiskalnych, systemów monitoringu, inteligentnych magazynów, dostarczają szereg danych firmom o zachowaniu swoich klientów. Stwarza to ogromne możliwości doskonałej komunikacji, zrozumienia ich potrzeb oraz komunikacji interpersonalnej z nabywcami usług. Informacje z systemów IoT stwarzają możliwość doskonalenia układów rozlokowania w sklepach prezentujących produkty, a także budować inteligentne samo wystarczalne magazyny. Powoduje to zwiększenie sprzedaży poprzez stale rosnący współczynnik zadowolenia klientów oraz brak problemów w transakcjach. Dostęp do danych o sklepie w czasie rzeczywistym daje możliwość

⁸ Tamże, s. 267-280.

⁹ Tamże, s. 300-303.

lepszego organizacji czasu pracy pracownikom oraz zarządzanie zasobami ludzkimi co znacznie zwiększa produktywność personelu. Innowacje te w znacznym stopniu wspierają handel i usługi.

Internet Rzeczy w kontekście inteligentnych miast. Rozwiązania IoT wspierają bezpieczeństwo życia w miastach. Łączą infrastrukturę, sterują ruchem ulicznym, przyspieszają czas reagowania służb ratunkowych. Zastosowania Internetu Rzeczy pozwalają zarządzać budynkami, zapewniają kontrolę administracyjną nad infrastrukturą, poprawiają jakość usług w miastach, pozwalają szybko eliminować uszkodzenia infrastruktury ulicznej, szybką wymianę uszkodzonych lamp, sygnalizatorów, barier ochronnych, a także optymalizują prace służb zarządzania, zielenią, służb komunalnych. Pozwala to na poprawienie komfortu jakości życia w miastach. Internet Rzeczy w miastach pozwala na zmniejszanie zanieczyszczenia środowiska, zwiększa oszczędność zużycia mediów, takich jak ciepło, prąd, woda i innych.¹⁰

Internet Rzeczy wspiera logistykę. Poprzez instalacje sensorów w pojazdach przewidujących konserwacje, inteligentne systemy rozwiązują i analizują problemy z przestojami, generując, optymalne rozwiązania, nowe trasy by transport przebiegał bez przerw. Innowacyjne rozwiązania dają komfort, szybko reagują na różne problemy i je natychmiast rozwiązują. W transporcie samochodowym oceniają warunki na drogach, zmniejszają natężenie ruchu, bardzo wspierając kierowców. Zastosowania IOT wraz z urządzeniami GPS tworzą inteligentną nawigację, pozwalają w innowacyjny sposób kierować ruchem lotniczym oraz wodnym. Dzięki zastosowaniu Internetu Rzeczy w transporcie staje się on sprawniejszy, bezpieczniejszy. Analiza danych sprawia, że staje się on też szybszy oraz przynosi większe zyski dzięki automatyzacji, oraz optymalizacji. Wszelkie zastosowania Internetu Rzeczy są bardzo innowacyjne, usprawniają wiele branż tematycznych, wzbogacając je wielką ilością danych, zastosowania te są wręcz nieograniczone. Dzięki nim świat staje się bardziej przystępny oraz bezpieczniejszy oraz podnosi się jakość życia ludzi.¹¹

1.3. Big Data a Internet Rzeczy

Termin Big Data jest zbiorem różnorodnych atrybutów. Są to objętość, różnorodność, złożoność, strumień, zmienność oraz wartość. A więc Big Data to techniki łączenia cech wielu danych w nowoczesnych technologiach bazodanowych. Dane te przetwarzane są w czasie rzeczywistym, pochodzą one z ogromnej liczby źródeł oraz zapisanych w różnych formatach. Aby poradzić sobie z ograniczeniami sieci systemy bazodanowe Big Data, inteligentnie selekcjonują dane i analizują tylko te najbardziej pożądane. Dane z Big Data pozwalają tworzyć

¹⁰ Tamże, s. 306-311.

¹¹ Tamże, s. 198-200.

modele biznesowe wielkim korporacją czy zarządzać danymi służby zdrowia w danym Państwie. Big Data cechuje się szybkością przetwarzania bardzo dużej oraz zróżnicowanej ilości danych.¹² Big Data odgrywa istotną rolę w naszym codziennym życiu, wynalezienie tej ogromnej inteligentnej pamięci pozwoliło na rozwój między innymi Internetu Rzeczy. Jak wspomniano wcześniej na świecie jest coraz więcej urządzeń IOT, które gromadzą coraz większą ilość danych. Do tak ogromnej ilości przetwarzanych danych potrzebna jest Big Data. Jest ona wszechobecna. Aplikacje użytku codziennego, portale społecznościowe, wyszukiwarki WWW oraz wiele innych działają za jej pośrednictwem.¹³

Big Data pozwala na analizę danych za pomocą różnego rodzaju narzędzi analitycznych. Zbiory danych można analizować między innymi za pomocą języków programowania. Jednym z nich jest język R. Język R przypomina język C, jednak jest uproszczony oraz posiada wiele możliwości oprogramowywania wykresów czy symulacji za pośrednictwem danych. Kolejnym językiem umożliwiającym przetwarzanie danych z Big data jest język Python. Python jest bardzo uniwersalnym, intuicyjnym językiem. Następnym narzędziem jest Matlab. Jest on podobnym językiem do R. Istnieją również inne narzędzia analizujące dane z pamięci Big Data. Firma Google stworzyła ogólnie dostępne Google Analytics. To narzędzie pozwala na między innymi przetwarzanie informacji z np. ogromnej ilości stron WWW.¹⁴

1.4. Zagrożenia Internetu Rzeczy

Jak wspomniano wcześniej, Internet Rzeczy jest wszechobecny, a jego zastosowania coraz liczniej pojawiają się w codziennym życiu człowieka. Postęp technologiczny oraz przyspieszenie przepływu informacji sprzyja ciągłemu powiększaniu się zastosowań Internetu Rzeczy. Co za tym idzie, coraz większa ilość prywatnych osób decyduje się na zamieszkanie w inteligentnym domu. Systemy sterowania IOT znajdują również zastosowania oraz stają się niezbędny w procesie zarządzania miastem, udoskonalaniu procesów produkcyjnych, obserwacji upraw w rolnictwie oraz dbaniu o środowisko. Internet Rzeczy rozwija się również w kierunku inteligentnej odzieży, opakowań produktów oraz wielu innych. Wszystkie wyżej wymienione zastosowania IOT stwarzają zagrożenie dla naszej prywatności. Wprowadzenie ich do życia codziennego może narazić na inwigilację stworzyć dostęp do informacji na nasz temat osobom postronnym a w przypadku

12 D. McIlwraith, H. Marmanis, D. Babenko, *Inteligentna sieć. Algorytmy przyszłości*, wyd. 2, Helion, Gliwice 2017, s. 14-15.

13 F. Cyprowski, *Big Data. Mini-podręcznik dla laików*, Instytut Badań Rynkowych i Społecznych, 2014, s. 2-6.: <http://tric.pl/wp-content/uploads/2014/06/Big-Data.pdf>, odczyt z dnia: 09.08.1018.

14 Tamże, s. 7-9.

inteligentnych miast czy linii produkcyjnej może zagrażać ich działaniu oraz bezpieczeństwu. Wszystkie z wymienionych zagrożeń są możliwe, ponieważ urządzenia budujące internet rzeczy w większości są prostymi układami o małej mocy obliczeniowej. Urządzenie takiego typu nie jest w stanie uchronić się przed atakiem cyberprzestępców. Aby uchronić się, od takich ataków, należy dobrze zabezpieczać systemy oparte o Internet Rzeczy.¹⁵

15 B. Józefiak, *Internet rzeczy nie będzie bezpieczny*, „CyberDefence24”, 2016:
<https://www.cyberdefence24.pl/internet-rzeczy-nie-bedzie-bezpieczny>, odczyt z dnia: 08.07.2018.

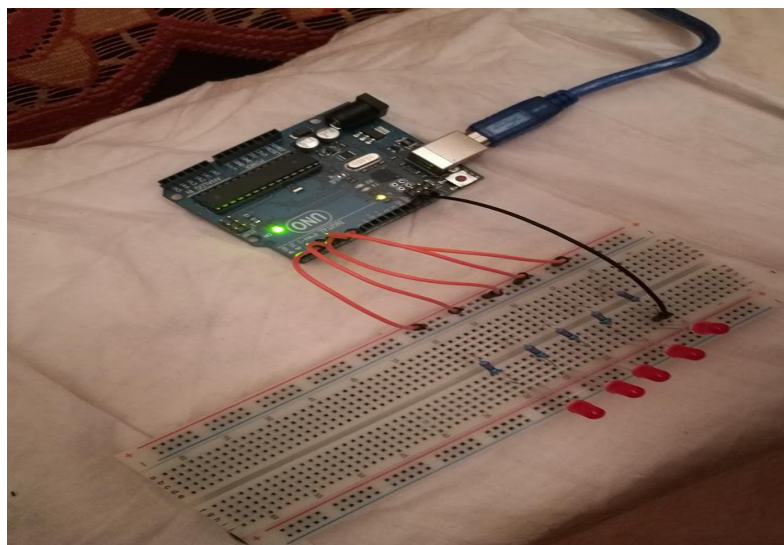
Rozdział II

Wybrane platformy mikrokontrolerowe

2.1. Platforma Arduino

Arduino jest to otwarta platforma sprzętowa i programowa z mikrokontrolerem AVR dla systemów wbudowanych. Została zaprojektowana we Włoszech w 2005 r, przez Massimo Banzi i Federico Musto oraz ich współpracowników na uczelni Interaction Design Institute Ivrea jest to pomysł prostego urządzenia prototypowego dla studentów. Platforma oparta jest na licencji Open Hardware będącym częścią tej samej kultury co FLOSS. Różnica pomiędzy licencją Open Hardware a FLOSS jest taka, że odnosi się ona do sprzętu, a nie oprogramowania jak w przypadku licencji open source. Licencje te są na tyle proste w znaczeniu, że każdy może dowolnie modyfikować platformę Arduino zmieniając lub poszerzając dowolnie układy bądź urządzenia zależnie od potrzeb projektu.¹⁶ Celem, jaki postawili sobie twórcy Arduino, było przygotowanie ogólnodostępnych i w miarę możliwości tanich oraz elastycznych narzędzi, przeznaczonych dla hobbystów zajmujących się ogólnie elektroniką, skoncentrowaną wokół programowanych mikrokontrolerów. Został stworzony wedle pewnych założeń, dzięki czemu nie wymaga zewnętrznego programatora, współgra z dedykowanym kompilatorem można rozszerzać go o nieskończenie wiele płytek rozszerzających sterowników silników wyświetlaczy modułów wykonawczych i czujników.¹⁷ Rysunek nr 3 przedstawia poglądowe zdjęcie mikrokontrolera Arduino UNO.

Rysunek 3. Mikrokontroler Arduino UNO



Źródło: Opracowanie własne

16 J. Boxall, *Arduino 65 praktycznych projektów*, Helion, Gliwice 2014, s. 10.

17 R. Anderson, D. Cervo, *Arduino dla zaawansowanych*, Helion, Gliwice 2014, s. 17.

Spółeczność użytkowników wokół tego projektu jest olbrzymia, w wyniku czego powstało wiele forów tematycznych oraz grup w różnych mediach społecznościowych np. Facebook. Daje to ogromne korzyści, ponieważ pasjonaci chętnie udzielają pomocy oraz dzieje się to w krótkim czasie. Arduino to platforma, która ma bogatą ofertę kompatybilnych urządzeń. Dzięki łatwemu dostępowi do komponentów Arduino, powstaje wiele projektów opartych na tej platformie.¹⁸ Sporym plusem pracy z platformą Arduino jest możliwość pisania sketchu w dedykowanym języku programowania opartym o C oraz C++.

Środowisko programowania platformy Arduino IDE zostało napisane w języku Java. Ideą aplikacji było stworzenie jej w sposób przyjazny dla hobbystów oraz osób początkujących. Arduino IDE wyposażono w edytor kodu z funkcjami kompilacji, dodawania i edycji bibliotek oraz łatwego wgrywania szkicu do płytki.¹⁹ Aplikacja wyszukuje samodzielnie płytki podłączone do komputera, jeżeli rodzaj danej płytki jest niestandardowy, można łatwo ją doinstalować. Użytkownik, aby utworzyć gotowy sketch musi zdefiniować jedynie dwie funkcje „setup()” oraz „loop()”.²⁰ Jak wcześniej wspomniano Arduino posiada wiele różnorodnych wersji, wybrane urządzenia dostępne na rynku opisano w tabeli nr 1.

2.1.1. Klony platformy Arduino

Arduino jest platforma open-hardware. Pozwala to na wykorzystywanie w dowolny sposób wszystkich narzędzi oraz na modyfikację platformy. Różne firmy wykorzystują tę licencję na tworzenie kompatybilnych urządzeń działających tak jak oryginalne Arduino. Urządzenia tego typu nazywamy klonami. Istnieją dwa rodzaje klonów imitujące oryginał płytki oraz takie, które są zgodne ze standardami płytki Arduino. Klony imitujące oryginał cechuje niższa cena, wykonanie z gorszych materiałów oraz niska wytrzymałość. Klony zgodne z oryginałem Arduino są dobrej jakości, ich cena nie odbiega od oryginału, zdarza się, że są lepiej wykonane niż oryginał. Na rynku dostępne są klony zmodyfikowane, które posiadają lepsze wyposażenie niż oryginalna płytka. Jedną z firm klonujących platformę Arduino jest firma Dfrobot. Wykonuje ona płytki zgodne ze standardami Arduino, które nazywa DF Rduino. Specyfikacja płytek tej firmy przedstawiona została w poniższej tabeli.²¹

18 Tamże, s. 30.

19 S. Kozak, D. Szymański, *Kurs Arduino – podstawy programowania, porty I/O*, „www.Forbot.pl”: <https://forbot.pl/blog/kurs-arduino-srodowisko-jak-zaczac-programowac-id936>, odczyt z dnia: 04.08.2018.

20 J. Nussey, *Arduino For Dummies*, Wiley, 2013, s. 25-30.

21 M. Evans, J. Noble, J. Hochenbaum, *Arduino w akcji*, Helion, Gliwice 2014, s.25.

Tabela 1. Wybrane klony DF Rduino

Model	DFRobot Mega 2560 v2	DFRduino Leonardo + moduł GSM/GPRS/ GPS SIM808	DFRduino Uno v3	DFRduino Nano V3.1	Bluno BLE Bluetooth 4.0	WiDo moduł WiFi WG1300 - kompatybil ny z Arduino
Napięcie zasilania	7 V do 12 V	USB: 5 V Vin: od 7 V do 23 V Bateria: od 3,5 V do 4,3 V	7 V do 12 V	7 V do 12 V	7 V do 12 V	7 V do 12 V
Programowany poprzez USB z wykorzystanie m mikrokontrol era pośredniczące go	Atmega16u 2	Nie	TAK	Nie	Nie	Nie
Mikrokontrol er	ATmega32u 4	ATmega32u 4	ATmega32u 4	Atmega328 -20AU	ATmega 328	ATmega32u 4
Maksymalna częstotliwość zegara	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz
Pamięć SRAM	8 kB	2,5 kB	2kB	2kB	2kB	2,5 kB
Pamięć Flash	256 kB	32 kB	32 kB	32 kB	32 kB	32 kB
Pamięć EEPROM	4Kb	1 kB	1kB	1kB	1kB	1kB
Porty I/O	54	20	14	14	14	20
Wyjścia PWM	14	7	6	6	6	7
Ilość wejść analogowych	16	7	6	8	6	12
Interfejsy szeregowe	UART, SPI, I2C	UART, SPI, I2C	UART, SPI, I2C	UART, SPI, I2C	UART, SPI, I2C	UART, SPI, I2C
Zewnętrzne przerwania	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK

Konektor gniazdo USB typ B	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK
Przylutowane złącze ISP	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK
Moduł bezprzewodowy: SIM808 GSM/GPRS/GPS	NIE	TAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
Zakres	BRAK	850 / 900 / 1800 / 1900 MHz	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
GPRS klasy	BRAK	12/10	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
Mobilna stacja GPRS	BRAK	Klasy B	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
Dokładność GPS	BRAK	Do 2,5m	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
Zimny start	BRAK	30s	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
Ciepły start	BRAK	28s	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
Gorący start	BRAK	1s	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
Obsługa komend AT	NIE	TAK	BRAK	BRAK	TAK	NIE
Zamontowany chip CC2540 firmy Texas Instruments zgodny z Bluetooth 4,0	NIE	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE
Możliwość zdalnego programowania poprzez Bluetooth (BLE)	NIE	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE
Wsparcie dla Bluetooth HID	NIE	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE

Wsparcie dla iBeacons	NIE	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE
Zasięg Bluetooth	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	30m	BRAK
Zamontowany chip WiFi WG1300	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	TAK
Wspiera standard 2.4GHz IEEE 802.11 b/g	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	TAK

Zródło: Opracowanie własne na podstawie informacji producenta

Jak przedstawia powyższa tabela specyfikacja klonów firmy Dfrobot jest identyczna z oryginalnymi płytkami Arduino. Firma ta stosuje i wspiera także, dodatkowe komponenty niedostępne dla oryginałów co czyni je atrakcyjnymi, jeśli szukamy alternatywnych rozwiązań dla swojego projektu. Zdarza się również że nietypowy komponent w klonie utrudnia realizację celu założonego w projekcie.

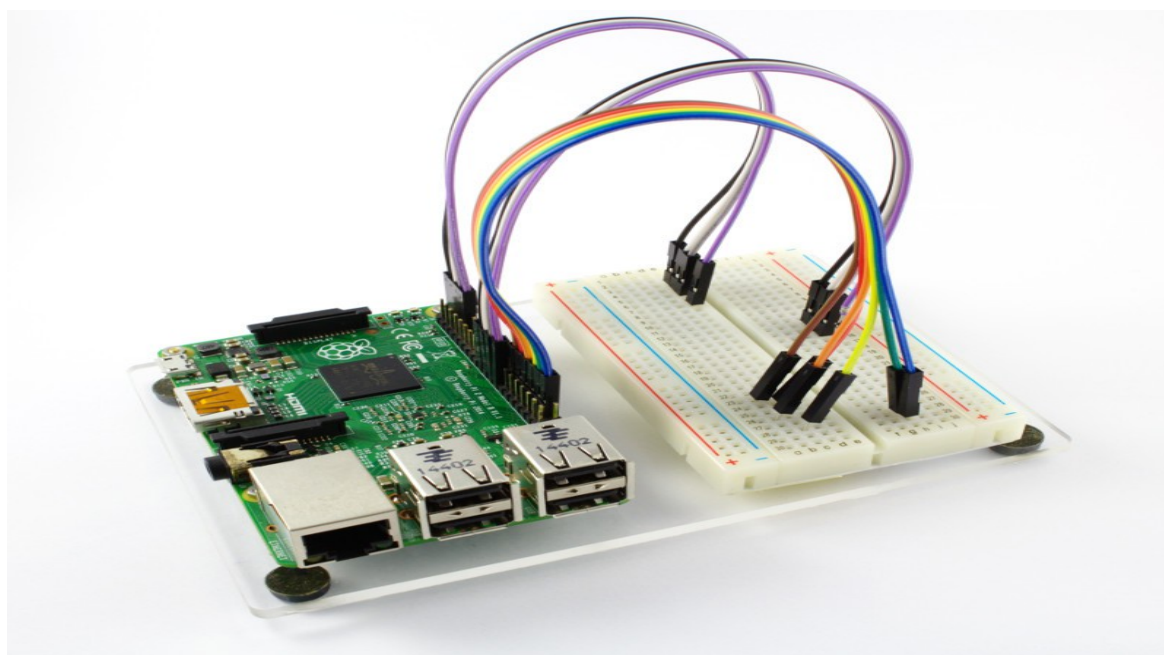
2.2. Platforma Rassbery Pi

Koncepcja pomysłodawców Platformy Rassbery Pi (RPI) narodziła się w Wielkiej Brytanii przez Eba Uptona oraz jego współpracowników z Uniwersytetu Cambridge. Pomysł miał na celu zainteresować oraz zainspirować młodych studentów do pogłębiania wiedzy w zakresie informatyki, elektroniki, robotyki i automatyki. Kolejnym ważnym celem, który miał spełniać projekt RPI, to pomoc dla doświadczonych użytkowników platformy w budowie innowacyjnych, ciekawych urządzeń.²² Wyżej wspomniana platforma powstała za pomocą fundacji Raspberry, jest to organizacja non – profit, której działalność ma na celu rozwój kultury. Pierwsza prototypowa płytka została zbudowana w 2006 roku. Platforma Rassbery Pi jest dostępna na rynku od końca lutego 2012 roku. Urządzenie w pierwszej generacji składa się z mikroprocesora Broadcom o oznaczeniu BCM2835, jest wyposażone w procesor ARM1176JZF-S700MHz. Płytką jest komputer, który do działania wykorzystuje systemy operacyjne z grupy Linux, RISC OS, natomiast od powstania modelu Raspberry Pi 2B działa również pod Windows 10 Internet of Things. Komputer ten ma umiejętności mikrokontrolera, wykorzystuje różne gniazda USB, HDMI, Ethernet, microUSB, wyjście audio, złącze wideo RCA, piny GPIO, slot na Karcie SD. Komponenty

²² S. Monk, *Raspberry Pi. Przewodnik dla programistów Pythona*, Helion, Gliwice 2014, s. 14.

te służą do podłączania do niego różnorodnych urządzeń. Powstało nie dużo generacji urządzeń, które różnią się od siebie posiadanymi gniazdami czy mocą obliczeniową. Najnowsze wersje Raspberry Pi mogą być wyposażone między innymi w 4-rdzeniowy procesor, pamięć RAM, moduł Wi-Fi oraz Bluetooth. Instalując mysz, klawiaturę z monitorem stworzymy z niego całkowicie funkcjonalną stacjonarną jednostkę. Platforma ta jest jednak mało wydajna, nie jest w stanie zastąpić mocnego komputera stacjonarnego.²³ Urządzenie tego typu jest wystarczające, aby odtwarzać domowe multimedia lub przeglądać internet. Zamontowane na płycie złącza GPIO można używać do podłączenia czujników np. temperatury i wilgotności oraz sterowania serwo mechanizmami i PWM.

Rysunek 4. Mikrokontroler Raspberry Pi



Źródło: <http://electropark.pl/obudowy/11402-podstawka-do-raspberry-pi-2-3-i-b-mt.html>, Odczyt z dnia: 07.07.2018.

Mikrokontroler Raspberry Pi jest wielozadaniowy, obsługuje wiele wątków jednocześnie. Możliwe jest, aby płyta była serwerem drukarki, a zarazem serwerem VPN.²⁴ Urządzenie można z powodzeniem łączyć się z innymi kontrolerami w projektach. RPi ułatwia korzystanie z urządzeń, które wymagają zaawansowanych aplikacji na przykład analizy obrazu z kamery. Oprogramowanie jest wspierane i rozwijane przez FLOSS także środowisko community co daje darmowe w pełni legalne rozwiązania programistyczne między innymi dzięki, którym Raspberry Pi cieszy się tak wysoką popularnością. Platforma posiada niską cenę i bardzo duży inwentarz zadań

23 P. Bugarski, *Kurs Raspberry Pi – czym jest popularna malinka?*, „www.Forbot.pl”, red. D. Szymański: <https://forbot.pl/blog/kurs-raspberry-pi-czym-jest-popularna-malinka-id21044>, odczyt z dnia 09.07.2018.

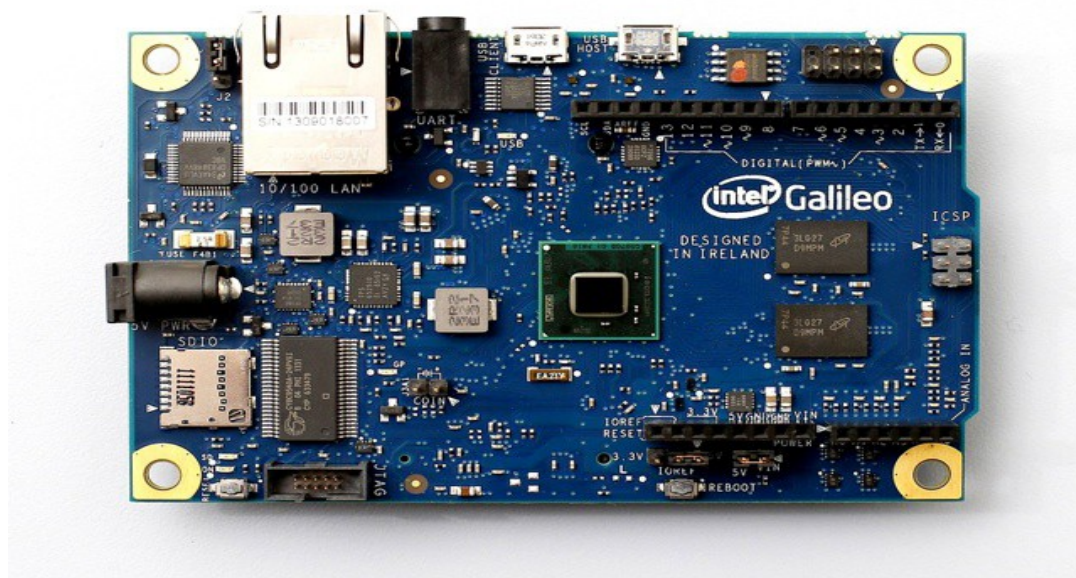
24 A. Merta, *Raspberry Pi jak zacząć?*, „Młody technik” 2014, nr 8, s. 4.

wręcz nieograniczone możliwości, które może wykonywać, dzięki czemu zyskała wielką pulę fanów na całym świecie.²⁵

2.3. Platformy firmy Intel

Firma Intel stworzyła kilka platform mikrokontrolerowych. Jedną z nich jest Platforma Intel Edison. Jest to mikrokontroler wyposażony w obudowę dla dwurdzeniowego procesora, modułów radiowych oraz pamięć. Platforma ta ma możliwości pełnowymiarowego komputera w małej obudowie. Serce tej platformy jest mocny procesor Intel Atom, który został wykonany w technologii 22 nm. Procesor posiada dwa rdzenie, które taktują z częstotliwością 500 MHz. Mikrokontroler współpracuje z Arduino Linux, Python i Node.js.

Rysunek 5. Mikrokontroler Intel Galileo



Źródło: <https://www.chip.pl/2013/10/intel-galileo-procesor-quark-i-mikrokontroler-arduino/>, odczyt z dnia: 20.07.2018.

Koleją platformą stworzoną przez firmę Intel jest platforma Intel Galileo. Mikrokontroler Intel Galileo posiada podobne parametry do platformy Intel Edison. Został on jednak rozbudowany o dodatkowe podzespoły. Posiada on dodatkowy procesor Intel Quark z taktowaniem 100 MHz, dużą pamięć RAM: 1 GB LP DDR3, szybką szynę danych do komunikacji, pamięć Flash o pojemności 4 GB oraz Wi-Fi firmy Broadcom. Wolną przestrzeń na płycie zagospodarowano ceramiczną anteną o dużej mocy do komunikacji bezprzewodowej.

²⁵ D. Norris, *Raspberry Pi. Niesamowite projekty. Szalony Geniusz*, Helion, Gliwice 2014, s. 22-25.

Dwa mikrokontrolery opisane powyżej łączy sposób programowania. Ideą firmy Intel było stworzenie platformy uniwersalnej oraz przystępnej użytkownikom Arduino. Firma postarała się stworzyć wydajny mikrokontroler, który umożliwi tworzenie wydajniejszych rozwiązań, niedostępnych na platformie Arduino np. tworzenie robotów z komponentów kompatybilnych z Arduino. Pierwsza z płytek opisanych powyżej Intel Edison posiada 40 linii GPIO oraz gniazdo micro USB i złącze zasilania. Natomiast druga Intel Galileo ma 20 linii wejścia oraz wyjścia, 4 wyprowadzenia PWM, 6 wyjść analogowych, interfejsy obsługujące UART oraz magistrale I2C. Posiada również sześciopinowy port SPI, dwa porty micro USB, gniazdo na kartę SD i operuje na napięciach w zakresie od 7 do 15 V. Co istotne obie platformy są kompatybilne z Arduino UNO. Większość mikrokontrolerów dostępnych na rynku posiada mikroprocesor ARM, a platformy Intela posiadają szybkie wydajne procesory o nowoczesnej architekturze. Warto jednak wspomnieć, że pomimo tak dużej mocy obliczeniowej tych dwóch platform nie uruchomimy na nich systemu operacyjnego Windows. W zamian za to firma Intel opracowała dedykowany system Linux. Za pomocą tego systemu możemy w swobodny sposób korzystać z platform Intela. Oprogramowanie dla obu platform można tworzyć za pomocą języków programowania z rodziny C. Użytkownicy platform firmy Intel mogą liczyć na wsparcie podczas tworzenia projektu za pośrednictwem strony internetowej, zawierającej dokumentację, narzędzia, odnośniki do stron zrzeszających użytkowników platformy, gdzie mogą liczyć na pomoc. Platformy Intel Edison oraz Intel Galileo mają zastosowanie w zaawansowanych i dużych projektach, co czyni je atrakcyjnymi dla dużych instytucji.²⁶

2.4. Porównanie platform mikrokontrolerowych Arduino z Raspberry Pi

Aby porównać platformy Aduino z Raspberry Pi utworzono dwie tabele przedstawiające specyfikację tych urządzeń. Pierwsza z tabel przedstawia mikrokontrolery Arduino natomiast druga wybrane mini komputery Raspberry Pi.

Tabela 2. Wybrane płytki Arduino

Model	Arduino Uno Rev3	Arduino Leonardo	Arduino Mega 2560 Rev3	Arduino Due ARM Cortex	Arduino Industrial 101-WiFi + Ethernet	Arduino Pro Mini 328 - 5V/16MHz
Napięcie zasilania	od 7 V do 12 V	od 7 V do 12 V	od 7 V do 12 V	od 7 V do 12 V	do 5 V	od 7 V do 12 V

²⁶ P. Bugalski, *Kurs Intel Edison – niezbędne informacje o sprzęcie*, „[www.Forbot.pl](http://www.forbot.pl)”, red. D. Szymański: <https://forbot.pl/blog/kurs-intel-edison-2-niezbedne-informacje-o-sprzecie-id10810>, odczyt z dnia 09.07.2018

Mikrokontroler	ATmega328	ATmega32u4	ATmega2560	AT91SAM3X8E rdzeń 32-bit	ATmega32u4	ATmega328
Maksymalna częstotliwość zegara	16Mhz	16Mhz	16Mhz	84 MHz	16 MHz	16 MHz
Pamięć SRAM	2 kB	2,5 kB	8 kB	96 kB	2,5 kB	2,5 kB
Pamięć Flash	32 kB	32 kB	256 kB	512 kB 16MB	32 kB	32 kB
Pamięć EEPROM	1 kB	1 kB	4 kB	BRĄK	1 kB	1 kB
Porty I/O	14	20	54	54	20	14
Wyjścia PWM	6	7	15	12	7	6
Ilość wejść analogowych	6	12	16	12	12	8
Interfejsy szeregowo	UART SPI I2C	UART SPI I2C	4xUART SPI I2C	UART SPI I2C CAN USB	UART SPI I2C	UART SPI I2C
Podłączona dioda LED na pinie 13	Tak	Tak	Tak	Brak	Nie	Brak
Gniazdo USB do programowania	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Brak
Złącze DC 5,5x 2,1 mm do zasilania	Tak	Tak	Tak	Tak	Brak	Brak
Maksymalne tolerowane napięcia	5 V	5 V	5 V	3,3 V	3,3 V	5.05.2018
Wejście USB dla użytkownika	Brak	Brak	Brak	Tak	Brak	Brak
Kontroler DMA	Brak	Brak	Brak	Tak	Brak	Brak
Debugger JTAG	Brak	Brak	Brak	Tak	NIE	Brak

Procesor	Brak	Brak	Brak	Brak	Linux: Atheros AR9331 Architektura MIPS 400 MHz	Brak
Złącze Ethernet	Brak	Brak	Brak	Brak	Ethernet IEEE 802.3 10/100 Mbit/s	Brak
WiFi	Brak	Brak	Brak	Brak	WiFi IEEE 802.11b/g/n	Brak
Pamięć RAM	Brak	Brak	Brak	Brak	Pamięć RAM: 64 MB DDR2	Brak

Źródło: Opracowanie własne na podstawie informacji producenta

Tabela 3. Rodzaje mini komputerów Raspberry Pi

Wersja	3	3	2	2	1	0
Model	B+	B	B+	B	B+	W
Procesor	Taktowanie: 1,4GHz, 64 bitowy z rdzeniem quad-core, Chipset: Broadcom BCM2837 ARM-8 Cortex-A53	Taktowanie: 1,2GHz, 64 bitowy z rdzeniem quad-core, Chipset: Broadcom BCM2837 ARM-8 Cortex-A53	Taktowanie: 900MHz, 32 bitowy, 4 rdzeniowy quad-core, Chipset: Broadcom BCM2836 ARM Cortex-A7	Taktowanie: 700MHz, 32 bitowy 1 rdzeniowy single-core, Chipset: Broadcom BCM2835 ARM1176J ZF-S	Taktowanie: 700MHz, 32 bitowy 1 rdzeniowy single-core, Chipset: Broadcom BCM2835 ARM1176J ZF-S	Taktowanie: 1 Ghz, 32 bitowy 1 rdzeniowy single-core, Chipset: Broadcom BCM2835 ARM1176J ZF-S
WiFi	WiFi 2,4GHz/5GHz 802.11 b/g/n/ac	WiFi 802.11 b/g/n	Brak	Brak	Brak	WiFi 150 Mbps 802.11 b/g/n
Bluetooth	Bluetooth Low Energy BLE 4.2	Bluetooth Low Energy BLE 4.1	Brak	Brak	Brak	Bluetooth Low Energy BLE 4.1
Karta graficzna	GPU Broadcom Video Core IV, OpenGL ES 2.0,	GPU Broadcom Video Core IV, OpenGL ES	GPU Broadcom VideoCore IV, OpenGL ES	GPU Broadcom Video Core IV, OpenGL ES	GPU Broadcom Video Core IV, OpenGL ES	GPU Broadcom Video Core IV, OpenGL ES

	1080p30h, 264/MPEG-4 AVC high-profile decode	2.0, 1080p30 h.264/MPEG-4 AVC high-profile decode	2.0, 1080p30 h.264/MPEG-4 AVC high-profile decode	2.0, 1080p30 h.264/MPEG-4 AVC high-profile decode	2.0, 1080p30 h.264/MPEG-4 AVC high-profile decode	2.0, 1080p30 h.264/MPEG-4 AVC high-profile decode
Pamięć RAM	1GB	1GB	1GB	512MB	256MB	512MB
Porty USB 2.0	4	4	4	4	4	1 micro USB
Wyjścia Wideo	HDMI 1.4	HDMI 1.4	HDMI 1.4	Composite RCA, HDMI	Composite RCA, HDMI	mini HDMI
Połączenia sieciowe	10/100 Ethernet (RJ45), Gigabit Ethernet over USB 2.0, Power over Ethernet (PoE)	10/100 Ethernet (RJ45)	10/100 Ethernet (RJ45)	10/100 Ethernet (RJ45)	Brak	Brak
Wymaga oddzielnego Shielda sieciowego	Tak	Nie	Nie	Nie	Tak	Tak
Wyprowadzenia GPIO	listwa żeńska 2x40pin (wyprowadzenia zgodne z modelem 2 i B+)	listwa żeńska 2x40pin (wyprowadzenia zgodne z modelem 2 i B+)	Listwa z 40 pinami	Listwa z 27 pinami	Listwa z 27 pinami	Listwa z 40 pinami
Zasilanie	5V przy pomocy złącza Micro USB, 5V przy użyciu złącza GPIO (pin 2 i 6)	5V przy pomocy złącza Micro USB, 5V przy użyciu złącza GPIO (pin 2 i 6)	5V przy pomocy złącza Micro USB, 5V przy użyciu złącza GPIO	5V przy pomocy złącza Micro USB, 5V przy użyciu złącza GPIO	5V przy pomocy złącza Micro USB, 5V przy użyciu złącza GPIO Zasilanie:	Złącze Micro USB OTG

				Zasilanie: 600mA	700mA	
Gniazdo Jack	Tak	Tak	Tak	Brak	Brak	Brak
Obsługiwane systemy operacyjne	Debian Fedora Arch Linux Ubuntu Windows10	Debian Fedora Arch Linux Ubuntu Windows10	Debian Fedora Arch Linux Ubuntu Windows10	Debian GNU/Linux , Fedora, Arch Linux	Debian GNU/Linux, Fedora, Arch Linux	Raspbian, Openelec, RaspBMC, OSMC Linux
Możliwość podłączenia kamery za pomocą specjalnego złącza i taśmy FFC	Tak	Tak	Tak	Brak	Brak	Tak
Możliwość podłączenia wyświetlacza dotykowego 7", za pomocą specjalnego złącza i taśmy FFC	Tak	Tak	Tak	Brak	Brak	Tak
Wymiary	85 x 56 x 70 mm	85 x 56 x 70 mm	85 x 56 x 70 mm	85 x 56 x 17 mm	66 x 56 x 14 mm	65 x 30 x 5 mm

Źródło: Opracowanie własne na podstawie informacji producenta

Obie Platformy bardzo ciężko ze sobą porównać, ponieważ ich założenia oraz koncepcje od siebie odbiegają. Jak przedstawiają powyższe tabele Arduino posiada maksymalnie procesor o wartościach 84 MHz, natomiast procesor w Raspberry Pi może być czterordzeniowy i taktowany prędkościami 1,4GHz. Kolejną sporą różnicą jest fakt, iż Arduino wyposażono w pamięć flash o wartościach 512 mb, natomiast Raspberry Pi w pamięć RAM 1 GB. Raspberry Pi posiada złącze HDMI gdzie Arduino nie posiada tego złącza. Parametry te pozwalają podłączyć Raspberry Pi do monitora oraz zainstalować na nim system operacyjny co czyni go mini komputerem. Arduino nie ma takich możliwości. Spore różnice pomiędzy tymi dwoma mikrokontrolerami zauważono również w obecności gniazda jack oraz ilości dostępnych portów USB, co zauważyć można w powyższej tabeli. Raspberry Pi oraz Arduino posiada również sporo wspólnych lub podobnych cech. Arduino to platforma uruchomienia dla mikroprocesora programowana bezpośrednio

a Raspberry Pi to mini komputer obsługiwany przez system operacyjny. Obie platformy są bardzo uniwersalne, potrafią zbierać i przetwarzać dane z sensorów, sterować różnymi urządzeniami oraz wykonywać dużo innych tym podobnych operacji. W przypadku Arduino piszemy sketch i wgrywamy go do pamięci płytki a w Raspberry tworzymy plik z kodem i uruchamiamy go. Obie platformy można ze sobą komunikować, ponieważ potrafią one ze sobą współpracować zależnie od założeń projektu, do którego są wykorzystywane.

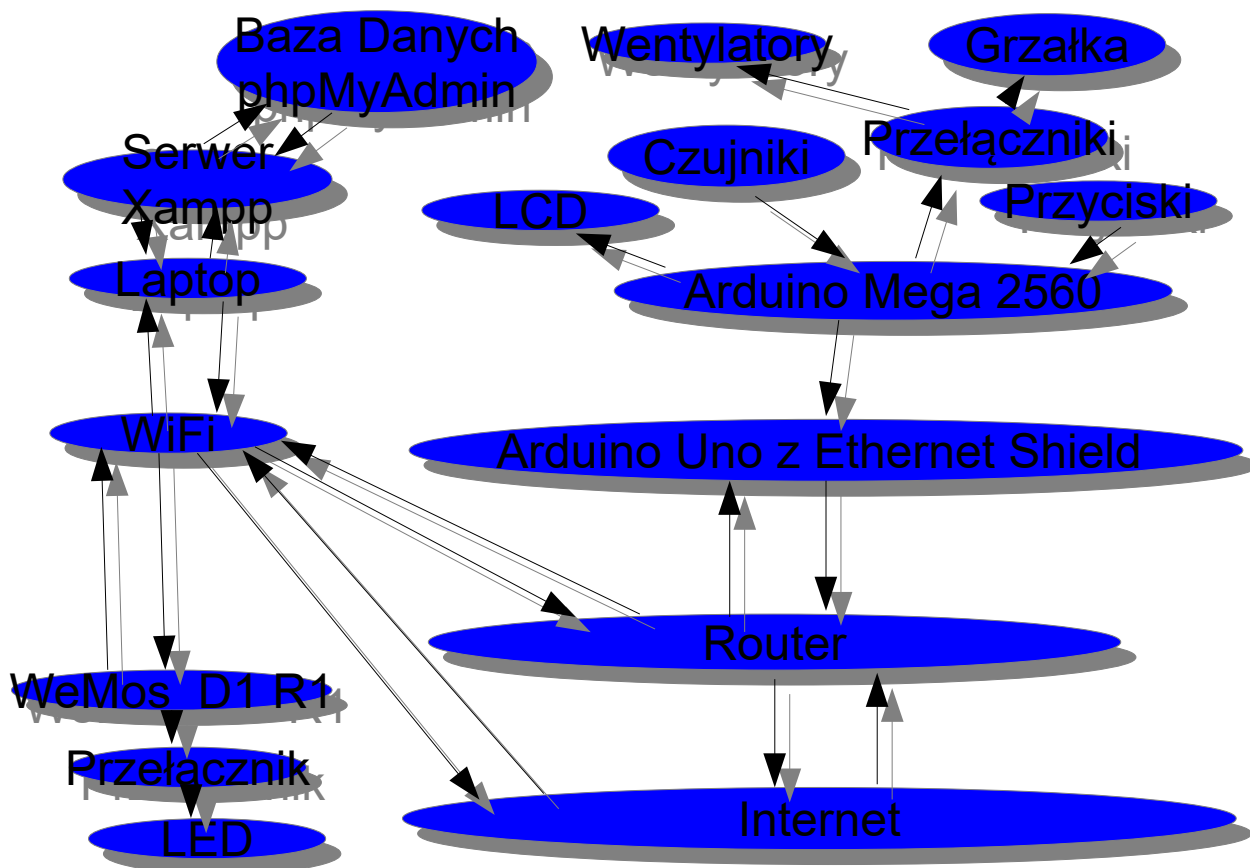
Rozdział III

Projekt Zautomatyzowanego Formikarium

3.1. Opis działania układu Zautomatyzowanego Formikarium

W celu opracowania projektu użyto, dwóch płytek Arduino, Mega 2560 Rev3 oraz Uno. Jedna została wykorzystana jako główny węzeł, służący zarówno do celów monitorowania, jak i kontrolowania, natomiast druga z płytek z Ethernet Shield posłużyła jako przekaźnik danych do innych podmiotów oraz internetu. Formę przesyłania danych w projekcie przedstawiona została na rysunku nr 6.

Rysunek 6. Schemat przepływu informacji w projekcie zautomatycznego formikarium



Źródło: Opracowanie własne

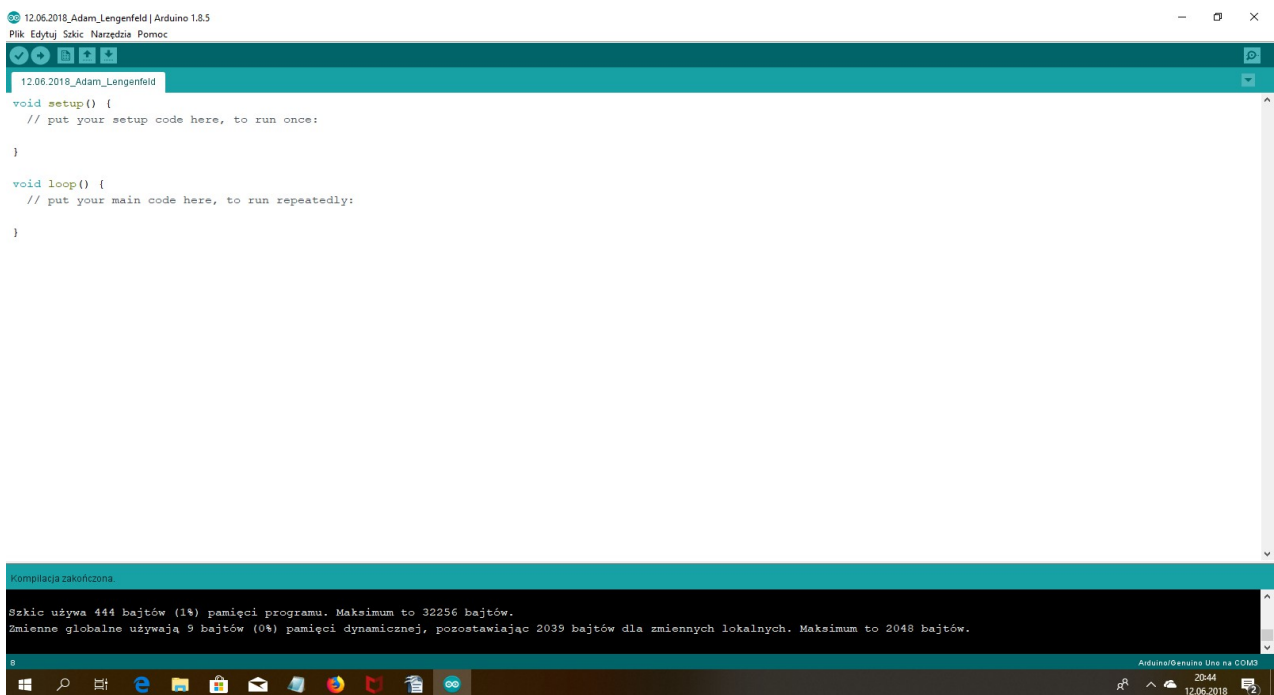
System jest umieszczony w sieci, dzięki czemu różne urządzenia i komponenty mogą się komunikować, współdziałać między sobą, z użytkownikami końcowymi oraz innymi podmiotami w sieci. W ten sposób można wprowadzić Internet przedmiotów. Innymi słowy, różne urządzenia i urządzeniem w branży, jako system podłączony do Internetu, mogą być sterowane zdalnie lub stale monitorowane. Arduino, płyta mikrokontrolera w pełni funkcjonalny mikrokontroler, to tanie rozwiązania do wykorzystania Internetu Przedmiotów w terrarystyce

myrmekologicznej lub przemyśle podobne systemy mogą kontrolować np. hodowle grzybów a w myrmekologii dzięki takiemu systemowi można hodować egzotyczne owady, np. mrówki grzybiarki systemy zapewniają im idealne i stałe warunki życia. W przeciwieństwie do zwykłego komputera oba urządzenia są bardzo dobre w czytaniu otaczającego ich świata, ponieważ zawierają wiele wejść i wyjść dla dodatków sensorycznych do sterowania światłem, temperatury, wilgotności i innych zachowując niewielkie rozmiary. Kontrola temperatury w formicarium jest wprowadzana w postaci termostatu dzięki Arduino można łatwo wdrożyć taką funkcję. Funkcja ta jest bardzo potrzebna w przypadku hodowli mrówek. Można odczytywać dane z wyświetlacza LCD oraz nastawiać temperaturę za pomocą przycisków w czasie rzeczywistym, stąd ta praca koncentruje się na gromadzeniu danych z procesu i monitorowaniu go za pomocą różnych aplikacji (strony internetowej, panelu danych) i stałego kontrolowania go przez użytkownika.

3.2. Środowisko programowania mikrokontrolerów

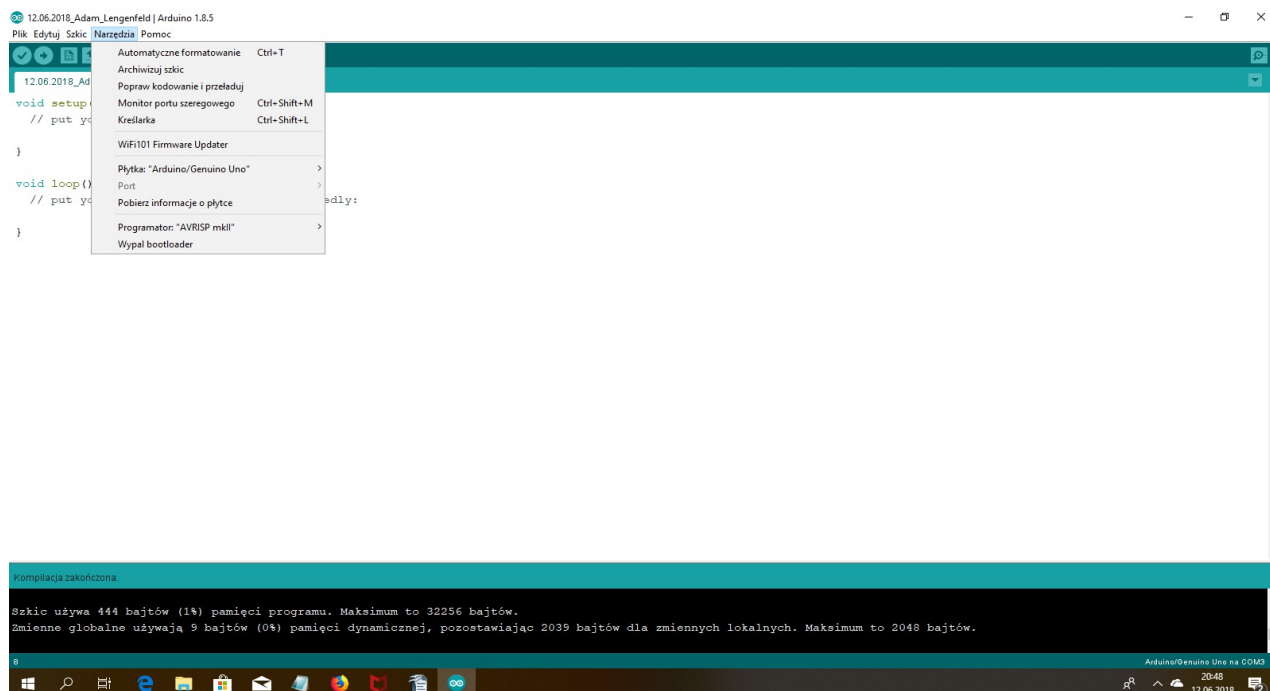
Do zaprogramowania mikrokontrolera użyto aplikacji Arduino IDE, jest to oprogramowanie, które wykorzystuje się do komunikacji mikrokontrolera z komputerem. Oprogramowanie używa uproszczonej wersji języka programowania C++. Poniżej umieszczone zostały trzy rysunki, które przedstawiają pierwsze kroki programowania w ramach projektu.

Rysunek 7. Zrzut ekranu czystej karty programu Arduino IDE



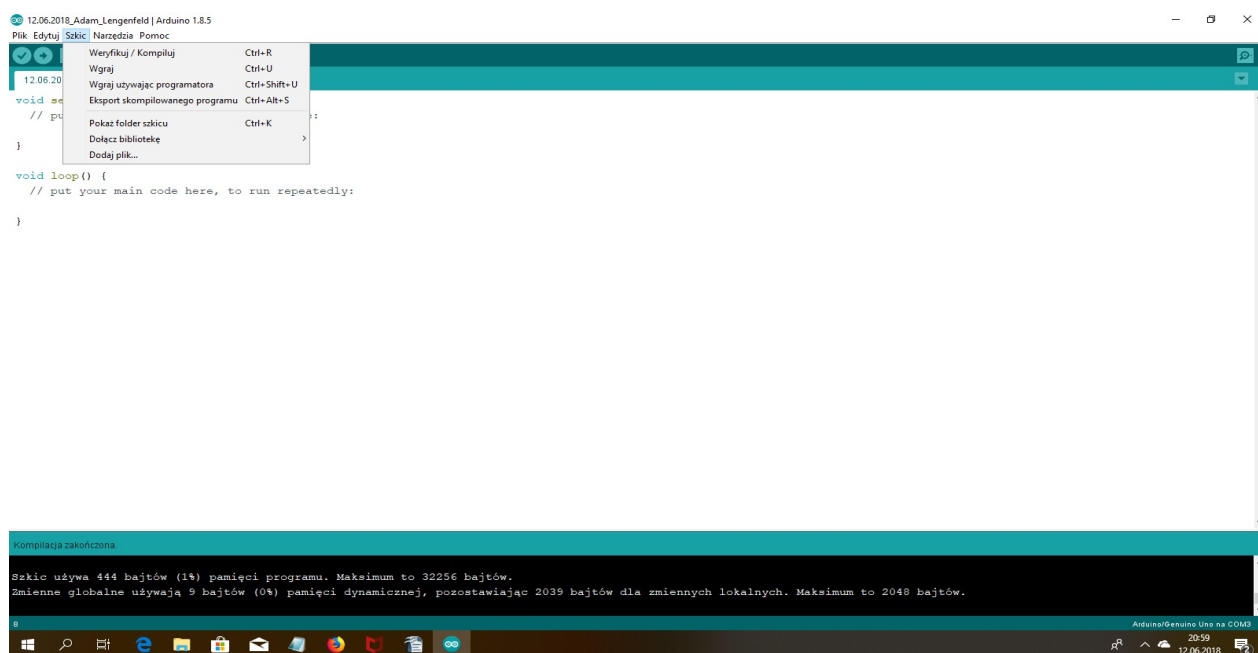
Źródło: Opracowanie własne na podstawie programu Arduino IDE

Rysunek 8. Zrzut ekranu czystej karty programu Arduino IDE z rozwiniętą listą narzędzia



Źródło: Opracowanie własne na podstawie programu Arduino IDE

Rysunek 9. Zrzut ekranu czystej karty programu Arduino IDE z rozwiniętą listą szkic



Źródło: Opracowanie własne na podstawie programu Arduino IDE

Rysunki o numerach 7, 8 oraz 9 przedstawia pusty szkic, oraz między innymi trzy główne kroki, które wykonano w oprogramowaniu Arduino IDE. Dzięki przyciskowi „Szkic” rozwinięto listę interakcji, które są dostępne do wykonania. Klikając przycisk Weryfikuj/kompiluj, zachodzi kompilacja kodu i jeśli nie ma żadnego błędu, należy kliknąć przycisk "wgraj". Odbywa się to w celu załadowania programu na płytkę Arduino. Na koniec działanie wyświetlamy za pomocą

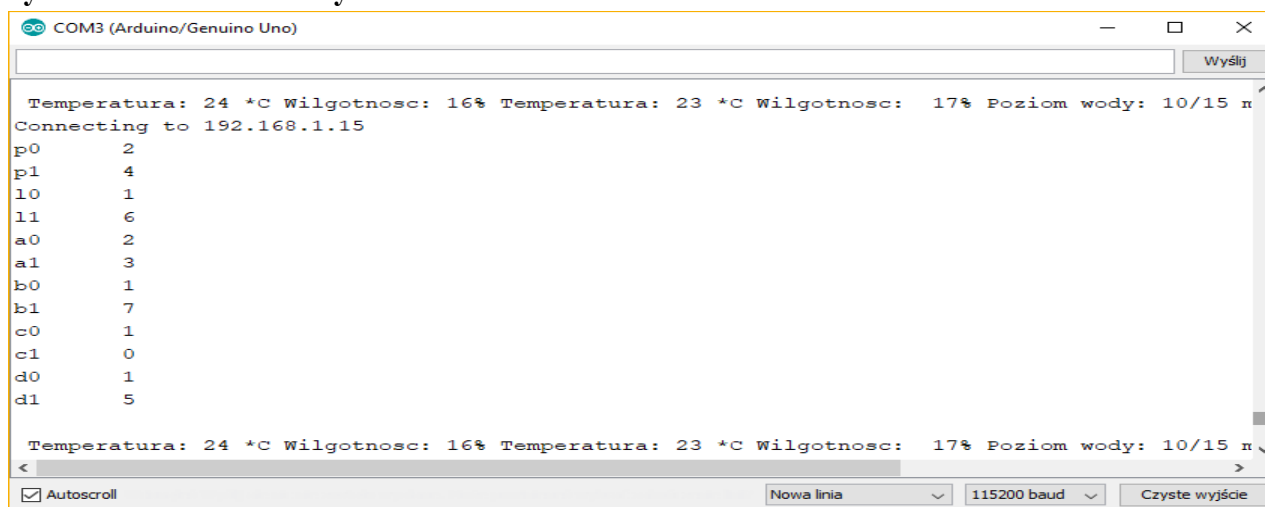
seryjnego monitora, który można wyświetlić, klikając przycisk „Narzędzia”, a następnie „Monitor portu szeregowego”. Jak widać na zrzucie kod, który będzie się wykonywać tylko jeden raz, jest przechowywany w funkcji "setup", a ten, który będzie uruchamiany wielokrotnie w określonym przedziale czasu, powinien być umieszczony w funkcji "loop". Do zdefiniowania przedziału używana jest funkcja opóźnienia (x), gdzie x jest przedziałem czasu określonym w milisekundach.

3.2.1. Główne biblioteki dla Arduino wykorzystane w Projekcie Zautomatyzowanego Formicarium

Platforma Arduino ma wbudowaną obsługę komunikacji szeregowej na stykach o numerach 0 i 1, która również trafia do komputera przez połączenie USB. Pierwotna obsługa portów szeregowych odbywa się za pomocą układu UART, który jest wbudowany w płytkę. To złącze pozwala mikro chipowi Atmega komunikować się za pomocą magistrali szeregowej z komputerem, nawet podczas pracy przy innych zadaniach, o ile jest miejsce w pamięci mikro procesora.

Biblioteka SoftwareSerial została stworzona w celu umożliwienia komunikacji szeregowej z innymi cyfrowymi wyjściami oraz wejściami Arduino. Oprogramowanie to służy do tworzenia komunikacji, za pomocą biblioteki utworzono odpowiedni szkic, dzięki któremu uzyskano komunikację między dwiema płytkami Arduino w Projekcie Automatycznego Formikarium. Dzięki tej bibliotece uzyskano możliwość korzystania z wielu portów szeregowych, których szybkość pracy wynosi do 115200 b / s. Ten parametr daje możliwość odwracania sygnalizacji dla urządzeń, które potrzebują do pracy tego protokołu. Sposób działania biblioteki w momencie odbioru oraz przesyłania danych z Arduino UNO do Arduino Mega przedstawia rysunek nr 9.

Rysunek 10. Odbiór danych w bibliotece SoftwareSerial



Źródło: Opracowanie własne na podstawie aplikacji Arduino IDE

Znaki: p, l, a, b, c, d, znajdujące się na powyższej ilustracji oznaczają, początki ciągu znaków. Następnie dane są odbierane zapisywane do tablic i konwertowane na zmienną, co umożliwia drukowanie odczytu w serial monitorze oraz kolejno wpisanie danych do zapytania PHP, za pomocą którego dane są wpisywane do tabeli w bazie danych.

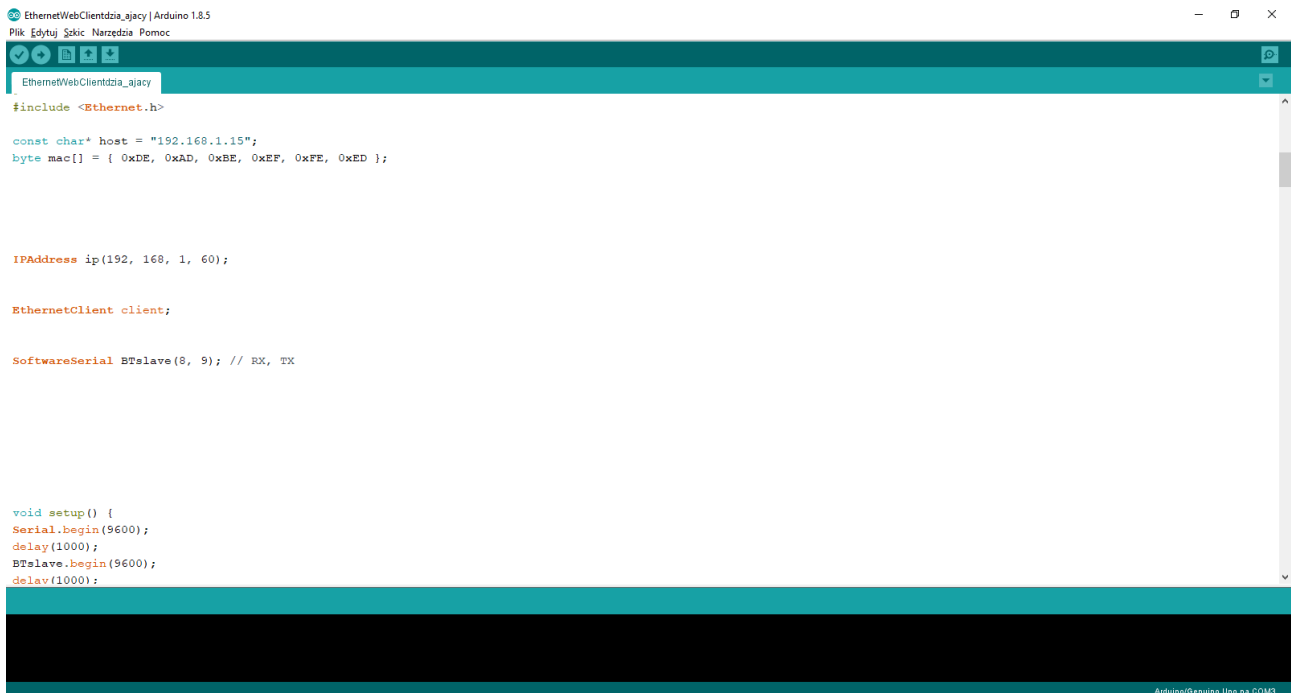
Biblioteka SoftwareSerial spełnia swoje funkcje, a jednocześnie ma swoiste ograniczenia. Korzystając z wielu portów szeregowych Arduino nie jest ona w stanie odbierać danych jednocześnie ponieważ mikro kontroler nie potrafi obsługiwać wielu wątków. Kolejną dysfunkcją jest brak obsługi przerywania przerwań. Funkcja ta jest możliwa tylko dzięki użyciu następujących pinów RX: 10, 11, 12, 13, 14, 15, 50, 51, 52, 53, A8 (62), A9 (63), A10 (64), A11 (65), A12 (66), A13 (67), A14 (68), A15 (69).

W szkicu projektu wykorzystano również bibliotekę LiquidCrystal I2C, która posłużyła do kontroli nad wyświetlaczem. Wyświetlacz pracuje na podstawie chipsetu Hitachi HD44780 lub innych kompatybilnych, które można znaleźć w większości wyświetlaczy tego typu LCD tekstowych. Biblioteka LiquidCrystal I2C działa w trybie 4- lub 8-bitowym. Aby korzystać z biblioteki, należy dołączyć bibliotekę do szkicu komendą: „`#include <LiquidCrystal_I2C.h>`”. Następnie dołączyć adres wyświetlacza komendą: „`LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);`”, oraz zapoczątkować prędkość komunikacji komendą: „`Serial.begin(9600);`”. Dwie podstawowe komendy do użycia wyświetlacza za pomocą biblioteki LiquidCrystal I2C to „`lcd.setCursor(0, 0);`” oraz „`lcd.print(“”)`”. Pierwsza z komend „`lcd.setCursor(pozycja, wiersz)`”, ustawia kursor wyświetlacza w zadanej pozycji. Taki zapis (0,0) pozwala ustawić napis na początku kursora od pierwszego znaku, pierwszego wiersza. Natomiast druga z komend „`lcd.print("Adam Lengenfeld")`”, pozwala wyświetlić napis Adam Lengenfeld na wyświetlaczu.

Kolejna biblioteka, którą wykorzystano w projekcie zautomatyzowanego formicarium jest biblioteka Ethernet. Biblioteka ta pozwala platformie Arduino z nakładką Ethernet Shield na łączenie się z Internetem. Daje ona również możliwość usług jako serwer akceptujący połączenia przychodzące lub klient robiący połączenia wychodzące. Biblioteka obsługuje do czterech równoczesnych połączeń przychodzących, wychodzących i kombinacji. W przypadku połączenia z Internetem najpierw należy przypiąć tarczę do Arduino, a złącze Ethernet powinno być podłączone do Internetu przy użyciu standardowego kabla Ethernet. Następnym krokiem jest ustawienie sieci, adres Media Access Control oraz ustalenie adresu IP. Kolejnym krokiem jest przypisanie ekranu Ethernet za pomocą funkcji „`Ethernet.begin ()`”. Ta funkcja inicjalizuje bibliotekę Ethernet i ustawienia sieciowe. Jeśli sieć ma włączony DHCP, wystarczy adres „`Ethernet.begin (adres MAC)`”, ponieważ adres IP jest przypisywany automatycznie. Jednak w przypadku statycznego adresu IP należy dodać stały adres statyczny IP jako argument

funkcji: „Ethernet.begin (adres MAC, adres IP)”. Niniejsza funkcja adresu MAC jest adresem MAC ekranu Ethernet, który jest tablicą składającą się z 6 bajtów, gdzie jako IP jest adresem IP ekranu Ethernet i tablicą składającą się z 4 bajtów. Obecnie adres MAC shielta Ethernetowego jest wydrukowany na jego odwrocie. Powinniśmy użyć tego podczas połączenia z Internetem. Jednak w przypadku starszej wersji płytki adres MAC nie jest dołączony do płytki. W takim przypadku unikalny zestaw 6 bajtów powinien zostać przypisany ręcznie. Przypisanie odręcznie adresu MAC w ramach Projektu Zautomatyzowanego Formicarium przedstawia poniższa ilustracja.

Rysunek 11. Przypisanie ręczne adresu MAC w sketchu



Źródło: Opracowanie własne

Następną biblioteką, która została wykorzystana do projektu jest biblioteka DHT.h. Wykorzystana została do odczytu danych z czujników. Aby zadeklarować bibliotekę w platformie Arduino użyto komendy: „#include "DHT.h"”. Następnie, aby zadeklarować piny do podłączenia i rozróżnienia czujników użyto komend: „DHT dht(2, DHT11);” oraz „DHT dh11(3, DHT11);”. Podczas oprogramowywania czujników wyżej wspomnianą biblioteką, napotkano problemy z rozróżnieniem podłączonych czujników do płytki Arduino. Aby rozwiązać problem, zadeklarowano pin z inną nazwą zmiennej, tak jak przedstawiono powyżej. Jedną z nazw zmiennej to dht natomiast druga dh11. Jeżeli zapisane nazwy zmiennej byłyby jednakowe, biblioteka nie rozróżniałaby czujników po samych numerach pinów oraz z czytywałaby dane z tylko jednego czujnika. Aby odczytać dane z biblioteki DHT.h należy przypisać do zmiennej typ INTEGER za pomocą następujących komend:

- ”int a = hum = dht.readHumidity();”, odczytywanie wilgotności z czujnika pierwszego;

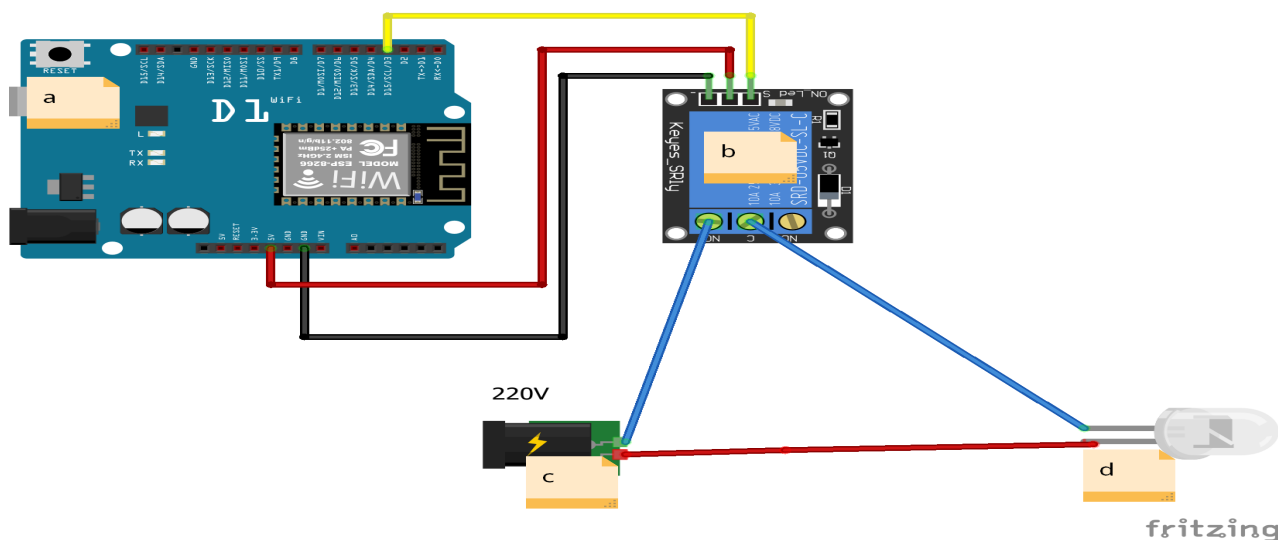
- `"int b = tem = dht.readTemperature();"`, odczytywanie temperatury z czujnika pierwszego;
- `"int h = hum = dht.readHumidity();"`, odczytywanie wilgotności z czujnika drugiego;
- `"int t = tem = dht.readTemperature();"`, odczytywanie temperatury z czujnika drugiego.

3.3. Układ sterowania światłem oraz jego komponenty

Jednym z komponentów wykorzystanym w wyżej wspomnianym projekcie jest WeMos D1 R1 jest to klon płytki zgodny z Arduino posiadający wbudowany chip Wi-Fi ESP8266. Połączenie internetowe w Arduino, które nie może się połączyć samo z Internetem, potrzebuje nakładki Ethernet lub nakładki Wi-Fi. Jeden z Shieldów musi być zamontowany do płytki Arduino dla połączenia z Internetem, lub być wbudowany. Tak jak na przykład w płytce Arduino Yun WiDo, WeMos D1 czy Arduino Ethernet. Płytkę WeMos D1 R1 posiada następującą opcję podłączenia z internetem. Aby podłączyć się do sieci należy wykorzystać, specyfikację bezprzewodową 802.11 (Wi-Fi). WeMos D1 R1 łączy się z Wi-Fi szyfrowanymi sieciami, które wykorzystują protokoły szyfrowania WPA2 Personal oraz WEP. Wyżej wspomniana płytkę posiada również opcję łączenia się z otwartymi sieciami, które powinny rozgłaszać swój wyjątkowy identyfikator SSID dla Wi-Fi. W projekcie WeMos D1 R1 służy do sterowania światłem, z pozycji klienta łączy się z serwerem plików i odbiera polecenie z pliku. Za pomocą elektroprekaźnika załącza lub wyłącza taśmę led. Skrypt PHP po wciśnięciu przycisku Włącz/Wyłącz generuje wpis do pliku light.JSON. Arduino odczytuje informacje z pliku light.JSON po czym wyłącza lub włącza światło.

Schemat podłączenia elektroprekaźnika do płytki WeMos D1 R1 oraz podłączenie taśmy led pod elektroprekaźnik, przedstawiony został na poniższym rysunku.

Rysunek 12. Schemat układu podłączenia sterownika światłem w projekcie zautomatyzowanego formicarium



Źródło: Opracowanie własne na podstawie programu Fritzing

Znaki a, b, c i d przedstawione na powyższej ilustracji oznaczają odpowiednio:

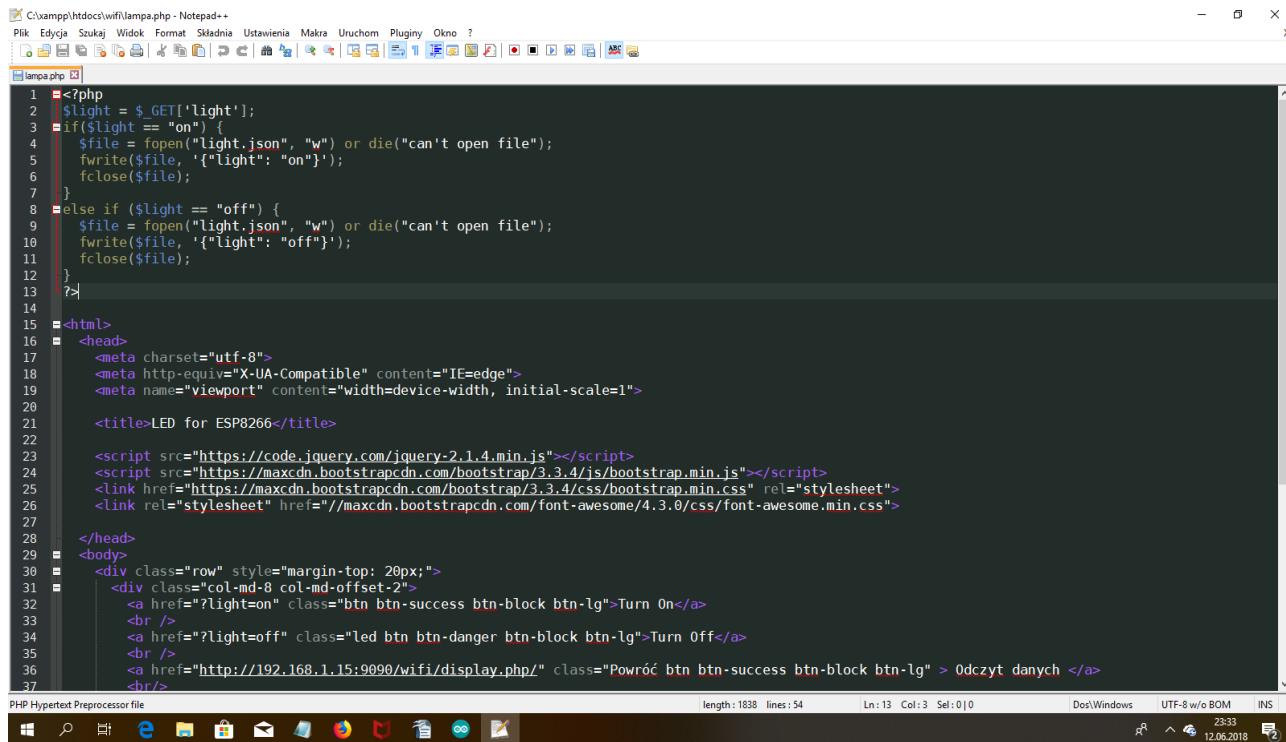
- a, WeMos D1 R1;
- b, elektroprekażnik;
- c, źródło zasilania 220V;
- d, taśma led.

Kolory przewodów oznaczonych na rysunku oznaczają odpowiednio:

- przewód żółty, wyjście sterujące elektroprekażnikiem;
- przewody czerwone, zasilanie układów,
- przewody czarny oraz niebieskie, są uziemieniem układu.

Problem stanowi to, że WeMos D1 R1 pracuje pod napięciem 3.5 V co uniemożliwia komunikację za pomocą biblioteki SoftwareSerial bez użycia konwertera sygnałów logicznych z Arduino UNO. Konwerter sygnałów logicznych zmienia sygnały do komunikacji, które są w napięciu 3.5 V na 5 V i odwrotnie zależnie od urządzeń, które się komunikują. W projekcie ten mikrokontroler łączy się z serwerem i z pozycji WebClienta, czyli urządzenia połączonego z serwerem odbiera informacje o tym, czy ma zapalić światło bądź je zgasić. Skrypt PHP, który stworzony w celu komunikacji serwera z mikrokontrolerem przedstawiony został na poniższej ilustracji numer 12.

Rysunek 13 . Skrypt PHP sterujący światłem w projekcie zautomatyzowanego formicarium



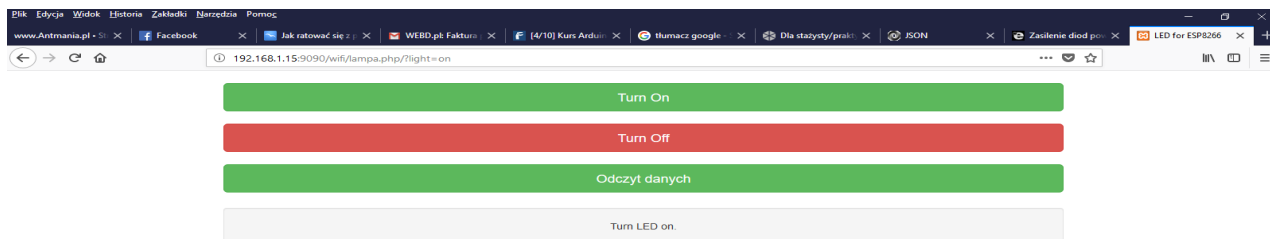
```
1 <?php
2 $light = $_GET['light'];
3 if($light == "on") {
4     $file = fopen("light.json", "w") or die("can't open file");
5     fwrite($file, '{"light": "on"}');
6     fclose($file);
7 }
8 else if ($light == "off") {
9     $file = fopen("light.json", "w") or die("can't open file");
10    fwrite($file, '{"light": "off"}');
11    fclose($file);
12 }
13 }
14
15 <html>
16 <head>
17     <meta charset="utf-8">
18     <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
19     <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
20
21     <title>LED for ESP8266</title>
22
23     <script src="https://code.jquery.com/jquery-2.1.4.min.js"></script>
24     <script src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.4/js/bootstrap.min.js"></script>
25     <link href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.4/css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet">
26     <link rel="stylesheet" href="//maxcdn.bootstrapcdn.com/font-awesome/4.3.0/css/font-awesome.min.css">
27
28 </head>
29 <body>
30     <div class="row" style="margin-top: 20px;">
31         <div class="col-md-8 col-md-offset-2">
32             <a href="?light=on" class="btn btn-success btn-block btn-lg">Turn On</a>
33             <br />
34             <a href="?light=off" class="btn btn-danger btn-block btn-lg">Turn Off</a>
35             <br />
36             <a href="http://192.168.1.15:9090/wifi/display.php/" class="btn btn-success btn-block btn-lg"> Odczyt danych </a>
37         </div>
38     </div>
39 </body>
40 </html>
```

Źródło: Opracowanie własne

Kody przedstawione na powyższej ilustracji tworzą w Projekcie Zautomatyzowanego Formicarium między innymi, panel do sterowania światłem za pomocą podłączenia do sieci. Efekt

który uzyskano za pomocą wyżej przedstawionego skryptu przedstawia poniższa ilustracja numer 13.

Rysunek 14. Panel sterowania światłem w projekcie zautomatyzowanego formicarium



Źródło: Opracowanie własne

Powyższa ilustracja przedstawia panel sterowania światłem w projekcie zautomatyzowanego formicarium. Przedstawione przyciski:

- „Turn On”, zapala światło;
- „Turn Off”, gasi światło;
- „Odczyt danych”, umożliwia przejście do panelu odczytu danych z czujników;
- „Turn LED On”, nadaje informację o stanie włączonego lub wyłączonego światła.

Wyżej wymienione wirtualne przyciski zostały napisane w języku JavaScript. Wspomniany język programowania jest obiektowy, jest on bardzo popularny w środowisku informatycznym. W projekcie JavaScript w połączeniu z Node.js umożliwia sterowanie światłem przez internet. Node.js jest prostym formatem przeznaczonym do wymiany danych. W zastosowaniach jest podobny do PHP.²⁷ Metoda użyta w projekcie zautomatyzowanego formicarium Node.js do obsługi serwera i komunikacji przyniosła pożądany praktyczny efekt w oparciu o JavaScript. Dzięki prostocie tego narzędzia, programiści w krótkim czasie są w stanie generować skrypty pod obsługę serwerów. JSON to format tekstowy, jest odrębnym językiem programowania, korzysta ze standardów i konwencji oraz dobrych praktyk, znanych programistom piszącym skrypty w innych językach programowania typu C, takich jak C++, Python, Perl, C#, Java, JavaScript, i tym podobnych.²⁸ Właściwości te sprawiają, że JSON stał się idealnym narzędziem wymiany danych serwera z mikrokontrolerami. W projekcie zautomatyzowanego formicarium została także użyta biblioteka jQuery. Biblioteka ta jest bardzo popularna w świecie informatyki. Posiada ona bardzo

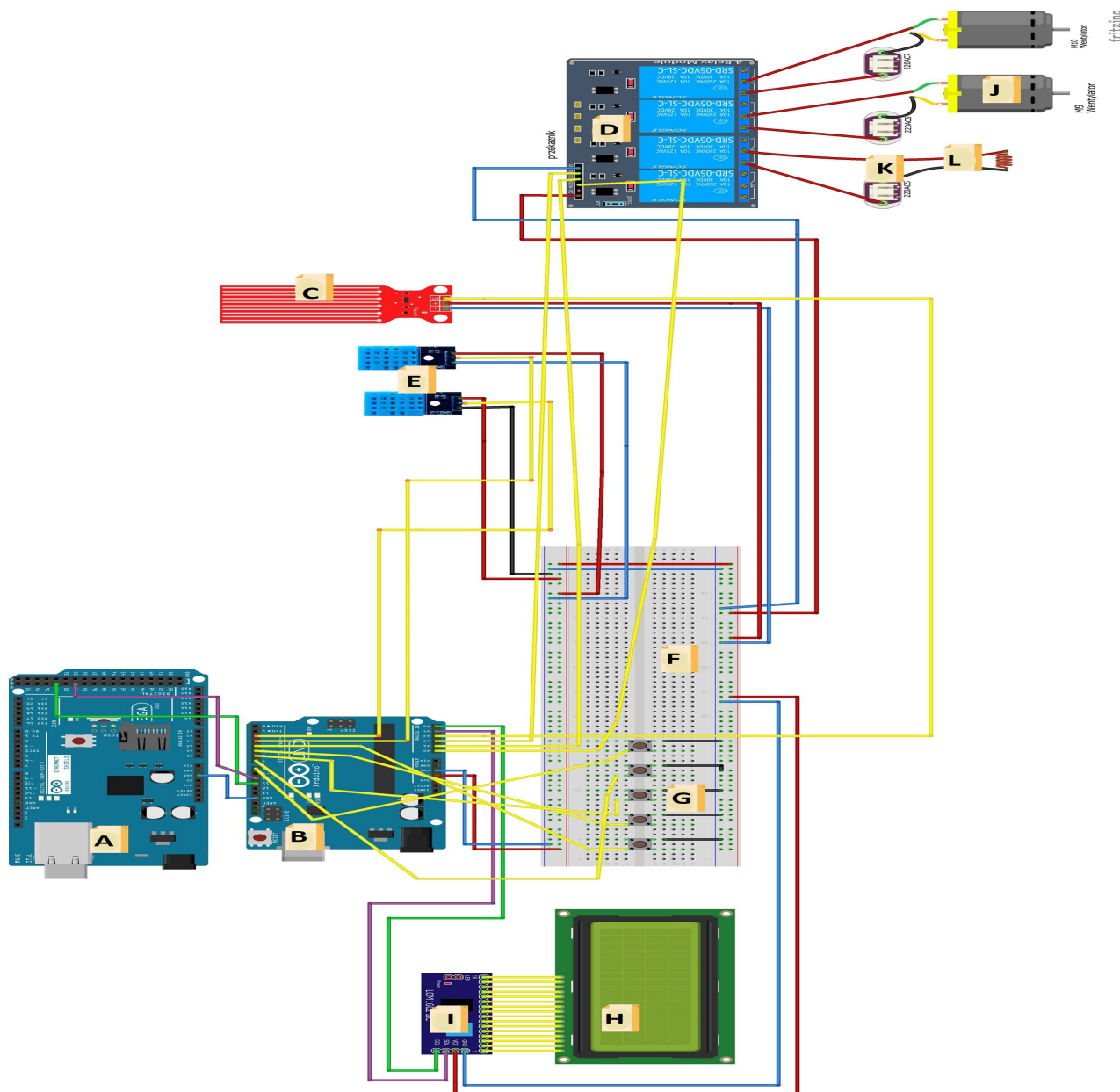
²⁷ M. Lis, *PHP i MySQL. Dla każdego*, Helio, Gliwice 2017, s. 184-186.

²⁸ R. Martin, *Czysty kod. Podręcznik dobrego programisty*, Helion, Gliwice 2014, s. 113.

wiele gotowych rozwiązań, pluginów i dodatków. Rozwiązanie przyspiesza pisanie skryptów oraz je bardzo ułatwia w praktyce, zamiast skupiać się na programowaniu, pozwala w prosty sposób rozwiązać dany problem.

3.4. Układ sterownika Zautomatyzowanego Formicarium

Rysunek 15. Schemat układu sterownika zautomatyzowanego formicarium



Źródło: Opracowanie własne

Znaki A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K i L przedstawione na powyższej ilustracji oznaczają odpowiednio:

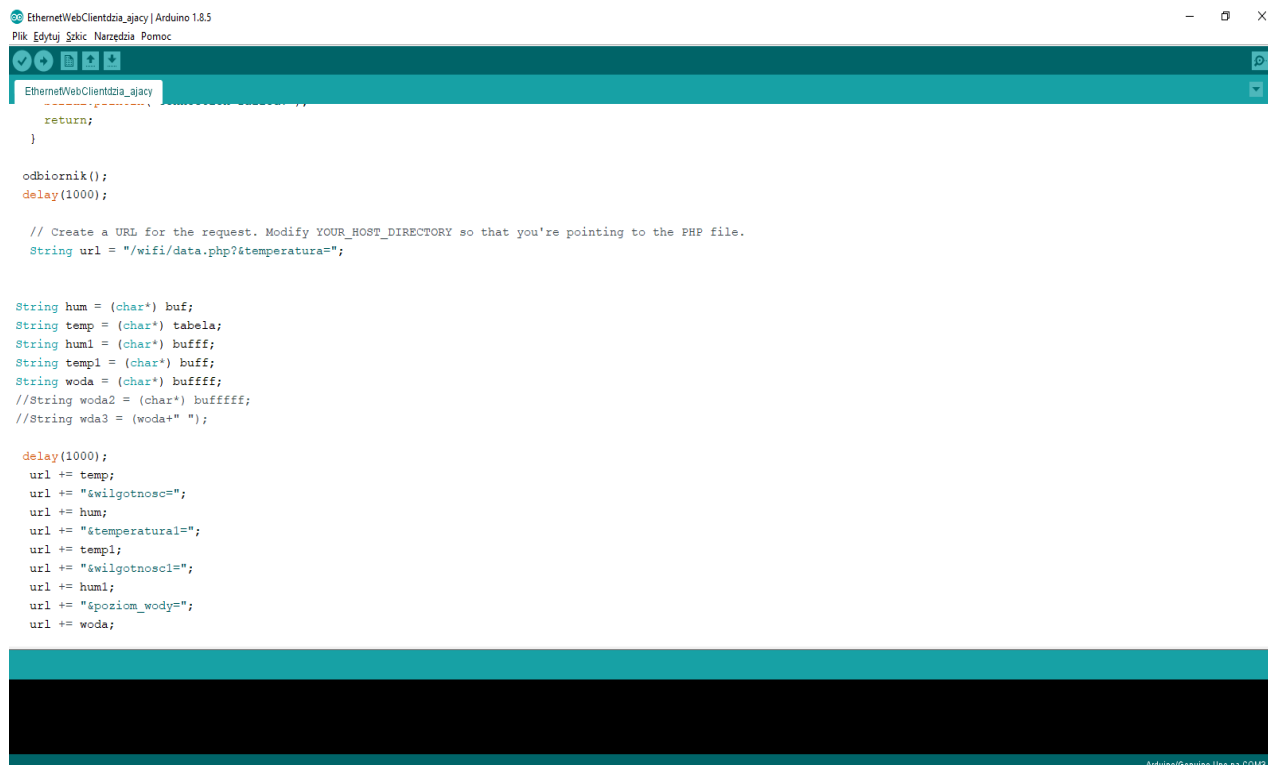
- A, płytki Arduino Mega Rev 3 z Ethernet Shield;
- B, płytki Arduino UNO Rev 3;
- C, sensor wody;
- D, elektroprekaźnik czterokanałowy;
- E, dwa czujniki DHT 11;
- F, płytka stykowa;
- G, pięć przycisków;
- H, wyświetlacz LCD 20x4;
- I, konwerter magistrali I2C;
- J, dwa wentylatory DC 5V
- K, źródła zasilania;
- L, grzałka.

W Projekcie Zautomatyzowanego Formicarium płytka z Ethernet Shield odbiera dane za pomocą biblioteki `SoftwareSerial` od płytki z czujnikami i przesyła dane do serwera baz danych wysyłając zapytanie PHP, które wpisuje dane do bazy na serwerze lokalnym w PHPMYADMIN. Następnie zastosowano metodę GET, jest to sposób przekazywania danych w protokole HTTP. Metoda GET przesyła dane zawarte w zmiennych, używając adresu URL. Jeśli użytkownik musi podać zbiór danych x dane np. w celu dodania ich do bazy danych, to jedyną metodą jest pobranie danych x ze standardowego formularza HTML. W innych językach programowania używa się innych, dodatkowych bibliotek, aby uzyskać dostęp do danych przesyłanych z formularza. W PHP zostało to uproszczone, dzięki czemu wszelkie dane z formularza trafiają do odpowiednich tablic asocjacyjnych o nazwach kluczy takich jak nazwy pól formularza. Dostępne są dwie metody przekazywania parametrów do innych stron. Metoda GET oraz POST. Metoda GET używana jest w projektach, które zawierają mało danych, natomiast metoda POST przydatna jest podczas większej ilości gromadzonych parametrów. W projekcie zautomatyzowanego formicarium wykorzystano metodę GET, ponieważ spełnia ona wystarczające normy na potrzeby projektu. Dane przesyłane za pomocą metody GET przekazywane są poprzez adres URL.²⁹ Przykładowy adres URL wygenerowany przez mikrokontroler w projekcie to, (localhost:9095/serwis/logowanie/display /data.php?&temperatura=28"&"wilgotnosc=60"&temperatura1=22"&"wilgotnosc=30"&poziom_ w ody=25";). Długość zapytania PHP jest ograniczona. Jak przedstawiono powyżej adres URL oddzielony jest od parametrów znakiem zapytania, a kolejne parametry są rozłączone znakiem

²⁹ L. Krupiński, *Przekazywanie danych między stronami*, KURS PHP: <https://phpkurs.pl/przekazywanie-danych/>, odczyt z dnia 02.09.2018.

ampersand „&”. Poniżej umieszczono rysunek przedstawiający wygenerowanie zapytania w skreczu dla mikrokontrolera Arduino.

Rysunek 16. Zrzut ekranu przedstawiający wygenerowanie zapytania w PHP



Źródło: Opracowanie własne

Jednym z komponentów wykorzystanym w projekcie zautomatyzowanego formicarium jest wyświetlacz LCD. Obecnie na rynku dostępne są wyświetlacze o różnych wielkościach oraz parametrach. Jak zauważono podczas dobierania komponentów do projektu najbardziej popularnymi, oraz dostępnymi są wyświetlacze LCD 4x20 znaków oraz LCD 2x20 znaków. Które zostały porównane w poniższej tabeli.

Tabela 4. Porównanie wyświetlaczy LCD 4x20 znaków oraz LCD 2x20 znaków

LCD	LCD 4x20 znaków	LCD 2x20 znaków
Sterownik zgodny z HD44780	TAK	TAK
Niebieskie tło, białe znaki	TAK	TAK
Rozmiar modułu:	98 x 60 mm	80 x 36 x 12 mm
Zakres temperatury pracy:	od -20 °C do +70 °C	od -20 °C do +70 °C
Przylutowane konektory goldpin	TAK	TAK
Konwenter I2C	TAK	TAK

Źródło: Opracowanie własne na podstawie informacji producenta

Powyższa tabela pokazuje, iż wyświetlacze różni wielkość, a co za tym idzie ilość wyświetlanych znaków. Podczas wyboru wyświetlacza zwrócono uwagę na ten parametr co

umożliwiło swobodę w wyświetlaniu potrzebnych znaków dlatego użyto wyświetlacza LCD 4x20 znaków. Wyświetlacze tego typu posiadają 16 pinów, które powinno podłączyć się do płytki Arduino tak, aby wyświetlacz działał prawidłowo. Podłączenie wyświetlacza w ten sposób ogranicza możliwości płytki Arduino. Aby zmniejszyć ilość wykorzystywanych pinów należy wykorzystać konwerter magistrali I2C LCM1602, dzięki któremu uzyskamy efekt zużycia tylko czterech pinów, gdzie dwa z nich przeznaczone są do zasilania a kolejne umożliwiają sterowanie wyświetlaczem. Konwerter I2C bus to typ szeregowej magistrali stworzony został przez firmę PHILIPS. Magistrala szeregową wysokiej wydajności, posiada ona liniową magistralę oraz możliwość synchronizacji urządzeń o wyższej lub niższej prędkości. Konwerter w standardzie posiada potencjometr, który służy do regulacji podświetlenia ekranu wyświetlacza. Magistrala użytkuje tylko Serial Data Line i Serial Clock Line, złącza te podciągnięte zostały za pomocą rezystorów. Zastosowane standardowe napięcia to +5 V lub +3,3 V, jednak opcjonalnie może obsługiwać układy wykorzystujące inne napięcia.

Kolejnym ważnym komponentem użytym w projekcie zautomatyzowanego formicarium jest elektroprzełącznik wraz z programowym termostatem. To urządzenie pozwala sterować urządzeniami elektrycznymi podłączonymi do sieci elektrycznej. Przełącznik, który wykorzystano umożliwia sterowanie urządzeniem elektrycznym do 250V. Dobrą praktyką jest ukrycie elektroprzełącznika w izolowanej obudowie, ponieważ przekazywanie napięcie może zagrażać życiu. Aby sterować przełącznikiem podłączono go pod napięcie 5V, wyjścia sterującego Arduino oraz GND. Dzięki optoizolacji, w którą został wyposażony przełącznik, można bez obaw podłączyć go do płytki Arduino, ponieważ zabezpiecza to mikrokontroler przed przepięciami. Wyżej wspomniane urządzenie wyposażone zostało również w diodę, która informuje o stanie włączenia lub wyłączenia przełącznika. Sterowanie przełącznikiem jest możliwe poprzez załączenie stanu niskiego, czyli masy na wejście sygnałowe przełącznika. Urządzenie posiada również możliwość trybu testu, jest to możliwe w momencie wyciągnięcia zworki z modułu. W projekcie zautomatyzowanego formicarium przełączniki załączają lub wyłączają grzałkę, taśmę led oraz wentylatory. W przypadku termostatu zaprogramowanego w projekcie, aby nie uszkodzić przełączników zastosowano histeryzację o 1 stopień Celsjusza. Oznacza to, że grzałka zostaje wyłączona, jeżeli temperatura nie przekracza stopnia tolerancji o 1 stopień. Zapobiega to bardzo gwałtownemu, częstemu załączaniu i wyłączaniu przełączników. Arduino pamięta też nastawy temperatur w pamięci EEPROM, dzięki czemu po odłączeniu zasilania od platformy, płytka pamięta nastawę. Termostat załącza się w początkowej fazie uruchomieniowej programu więc zaraz po uruchomieniu urządzenia, kontroluje ono automatycznie warunki w terrarium bez ingerencji użytkownika.

Analogowy czujnik wody to kolejny z komponentów wykorzystany w projekcie zautomatyzowanego formicarium. Za pomocą czujnika wody Arduino odczytuje sygnał analogowy. Czujnik zanurzony w wodzie wskazuje różne wartości sygnału analogowego. Zakres sygnału czujnika wynosi od 0 do 523, im większa wartość, tym większa ilość wody. Stan poziomu cieczy w naczyniu może wynosić od 0 do 30 mm. W przypadku wskazania wartości 0 mm zostaje wyświetlony alarm w menu odczyt czujnika nr 3. W innym wypadku swobodnie odczytujemy poziom wody w naczyniu.

Kolejnym komponentem użytym w projekcie jest czujnik DHT11. Odpowiada on za odczyt temperatury oraz wilgotności. Najbardziej dostępne czujniki DHT na rynku to Czujniki DHT11, DHT21 oraz DHT22. Czujniki te zostały porównane w poniższej tabeli.

Tabela 5. Porównanie czujników typu DHT

Czujnik	DHT11	DHT21 /AM2301	DHT22 /AM2302
Parametry:			
Napięcie zasilania:	3,3 V do 5,5 V	3,3 V do 5,5 V	od 3,3 V do 5,5 V
Średni pobór prądu:	0,2 mA	1,5 mA	0,2 mA
Temperatura:			
Zakres pomiarowy:	do - 20 °C do +50 °C	od -40 do +80 °C	-40 do +80°C
Rozdzielczość:	8-bitów (1 °C)	0,1 °C	8-bitów (0,1°C)
Dokładność:	1 °C	+/- 0,5 °C	± 0,5 °C
Czas odpowiedzi:	6 - 15 s (typowo 10 s)	Średnio 2 s	2 s
Wilgotność:			
Zakres pomiarowy:	Od 5% do 95 % RH	0 - 100 %RH	0 - 100 % RH
Rozdzielczość:	8-bitów (±1 % RH*)	0,1 % RH*	8-bitów (±0,1 % RH)
Dokładność	±4 RH* (przy 25 °C)	±3 %RH* (przy 25 °C)	±2 %RH*
Zakres pomiarowy:	6 - 30 s	2 s	Średnio 2 s
Wielkość	23 x 12 x 5 mm	28 x 22 x 5 mm	42 x 15 x 10 mm
Cena:	11,90 zł	29,90 zł	39,90 zł

Źródło: Opracowanie na podstawie danych producenta

W powyższej tabeli przedstawiono dane, które pokazują, iż czujniki DHT różnią się dokładnością odczytu temperatury, szybkością odczytu oraz ceną. W projekcie zastosowano czujnik DHT11, ponieważ zakres możliwości czujnika jest wystarczający dla potrzeb projektu zautomatyzowanego formicarium. Czujnik zastosowany w projekcie wyposażony został w moduł zawierający rezystor oraz kondensator filtrujący napięcia, dzięki temu czujnik działa niezawodnie. Czujnik podłączono pod wejście sterujące płytki Arduino oraz napięcie 5 V i masę.

W powyższym projekcie wykorzystano 5 przycisków. Przyciski zwane łącznikami dzwonekowymi działają tak długo, odpowiednio długo jak są naciskane, sterowane. Za przykład może tu posłużyć dzwonek do drzwi. Przycisk chwilowy inaczej zwany monostabilnym działa, dopóki jest naciskany. Dobór odpowiedniego komponentu sterującego jest bardzo istotny, często prostsze zastosowania okazują się lepsze. W Projekcie Zautomatyzowanego Formicarium przyciski świetnie spełniają swoje funkcje. W projekcie za pomocą przycisków można nastawiać temperaturę, odczytywać dane z czujników oraz sterować tekstem na wyświetlaczu. Dzięki przyciskom w szkicu istnieje menu oparte na progach programowych w petli if. Problemem dotyczącym przycisków, który zauważono podczas realizacji projektu, jest ich tendencja do drgania styków. Drgania te powodują zmianę stanów na wyjściach i wejściach, co w przypadku Menu na wyświetlaczu LCD powoduje losowe miganie tekstu. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie debaucingu, czyli programowe naprawienie problemu, a więc ustawienie czasu w milisekundach na czas np. 100 milisekund co spowoduje brak reakcji systemu na drgania. W projekcie zastosowano powyższą metodę.

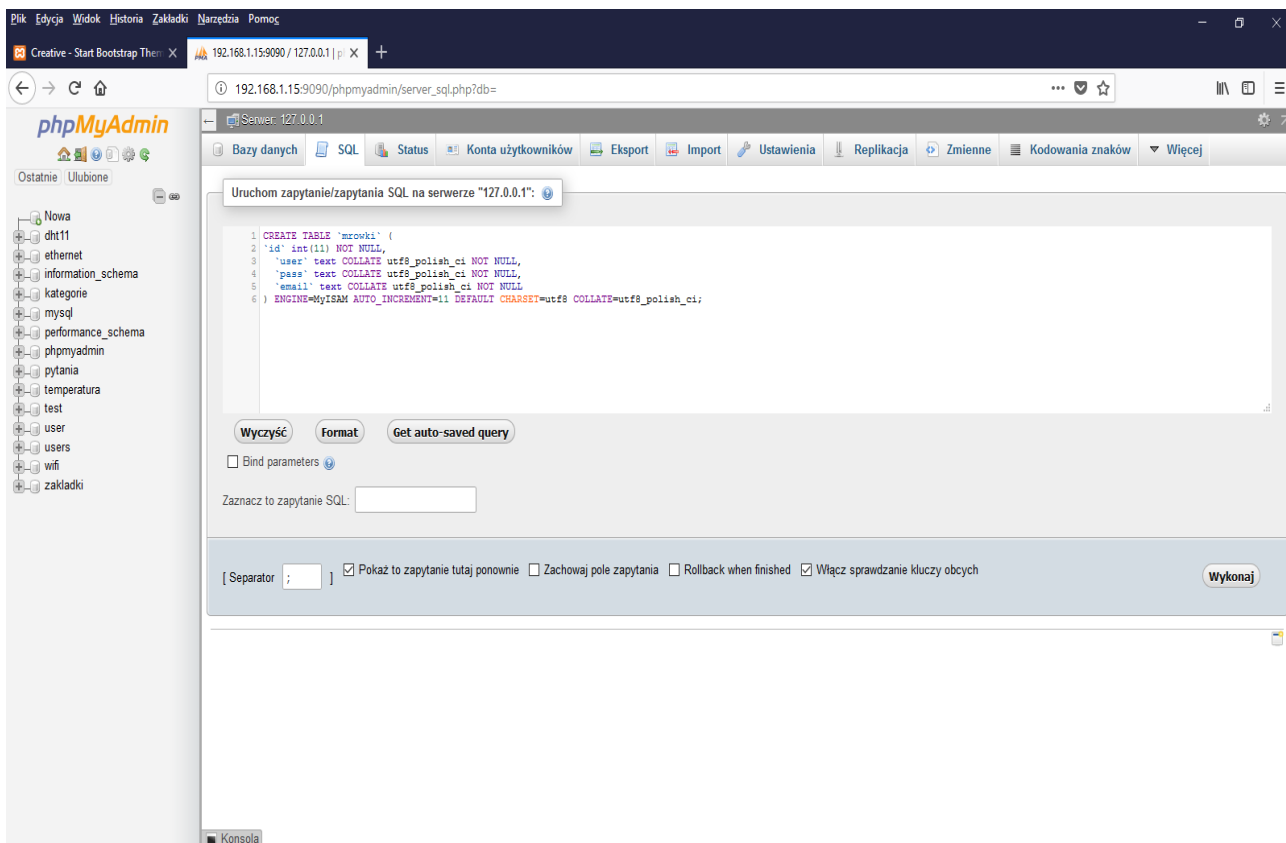
Kolejnym komponentem wykorzystanym w powyższym projekcie jest płytką stykowa. Płytką stykową umożliwia tworzenie i testowanie układów elektronicznych bez konieczności lutowania. W projekcie zastosowano płytkę z 830 polami, o wymiarach 165x53 mm. Płytką oznaczona została, literami, cyframi oraz paskami, niebieskim i czerwonym. Oznakowania mają ułatwić korzystanie z tego narzędzia. Dzięki płytce stykowej w projekcie zasilono wyświetlacz, elektroprzełącznik, czujniki oraz uziemiono przyciski. W Projekcie Zautomatyzowanego Formicarium, do połączenia wszystkich komponentów użyto przewodów męsko-męskich, żeńsko-żeńskich oraz męsko-żeńskich.

3.5. Bazodanowy pakiet serwera w Projekcie Zautomatyzowanego Formicarium

Do utworzenia serwera na potrzeby projektu użyto aplikacji o nazwie XAMPP. Aplikacja XAMPP jest darmową dystrybucją Apache'a. Zawiera ona MariaDB, Perl oraz PHP. Aby aplikacja

zaczęła pracę skonfigurowano ją, a następnie uruchomiono serwer Apache'a oraz MySQL. W efekcie czego aplikacja wygenerowała dwa serwery. Serwer Apache'a umożliwił wygenerowanie strony lokalnej, natomiast MySQL uruchomił środowisko bazodanowe PHPMYADMIN. Aby uzyskać dostęp do usługi PHPMYADMIN, potrzebna jest przeglądarka internetowa z obsługą ciasteczek cookie oraz JavaScript. PHPMYADMIN jest wielozadaniowy, umożliwia on w graficzny sposób zarządzanie MySQL co zobrazowane zostało za pomocą zrzutu ekranu, który znajduje się poniżej.

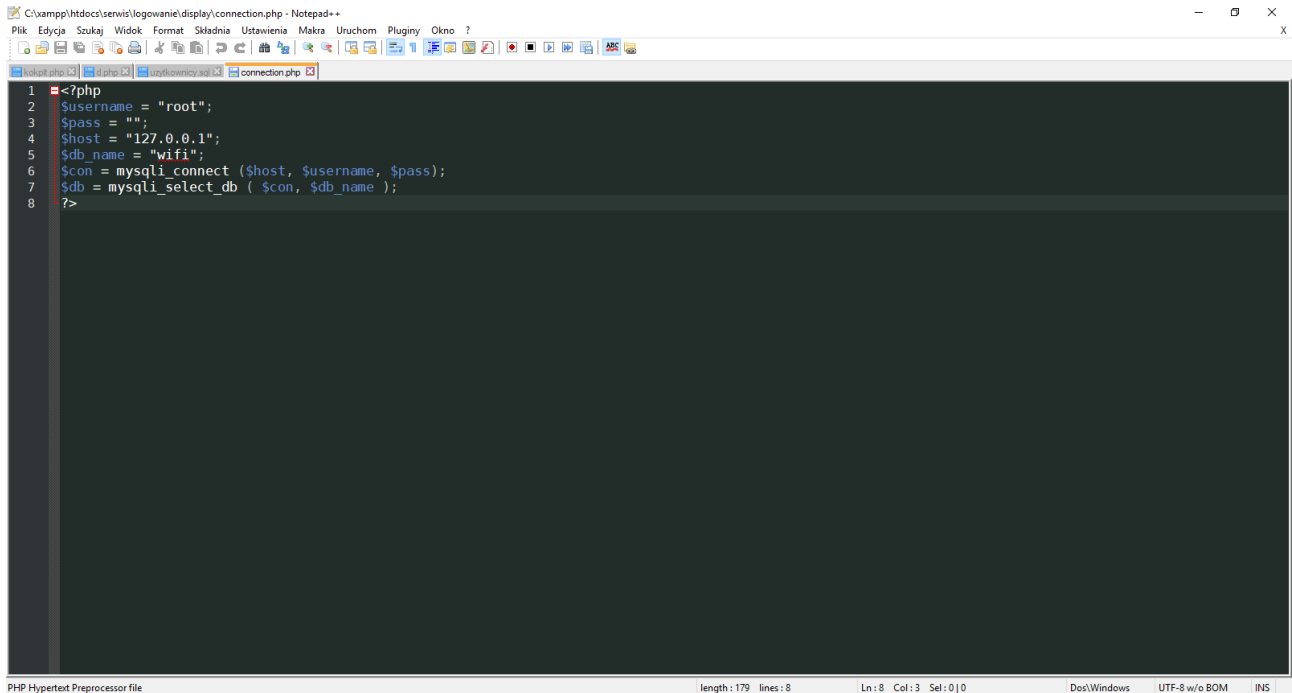
Rysunek 17. PHPMYADMIN w trakcie tworzenia tabeli „mrowki”



Źródło: Opracowanie własne

Rysunek umieszczony powyżej pokazuje graficzną reprezentację PHPMYADMIN. Graficzna prezentacja przedstawia krok do stworzenia nowej tabeli. Jak pokazano na rysunku PHPMYADMIN może być dostępny za pomocą linku: <http://localhost/phpmyadmin/> lub <http://192.168.1.15:9090/phpmyadmin>. Gdzie "192.168.1.15" to adres IP serwera a „:9090” to numer portu. W MySQL tabelę można utworzyć za pomocą instrukcji CREATE, jak pokazuje zrzut gdzie nazwa tabeli to "mrowki". Instrukcja INSERT służy do wstawiania danych do bazy danych, podczas gdy instrukcja SELECT służy do wyodrębniania danych z bazy danych. Aby skrypt PHP mógł skomunikować się z bazą danych musi się z nią połączyć. Poniższy rysunek przedstawia sposób połączenia się z docelową bazą danych.

Rysunek 18. Komunikacja z bazą danych, skrypt PHP



Źródło: Opracowanie własne

Powyższy rysunek pokazuje że, aby połączyć się z bazą danych należy użyć komend:

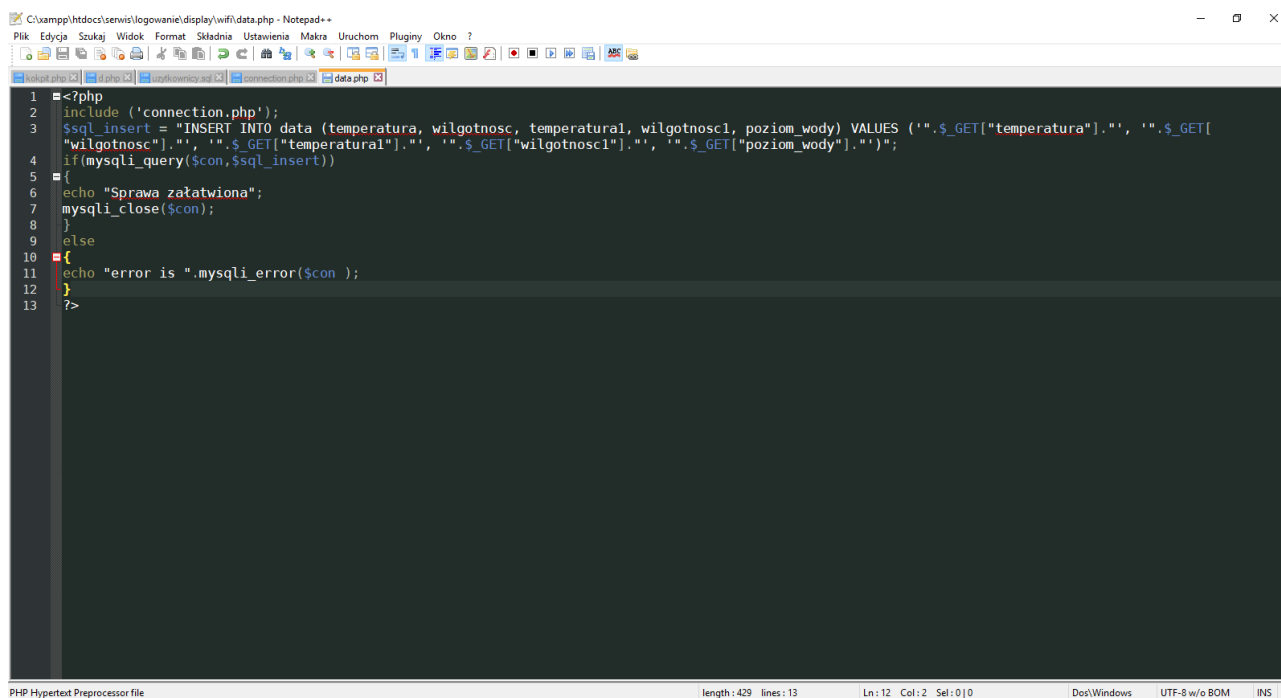
- „<?php ?>”, stworzenie skryptu PHP ;
- „\$username = "root"”, nadanie nazwy użytkownika;
- „\$pass = ""”; podanie hasła w tym przypadku brak hasła;
- „\$host = "127.0.0.1"”, host z przypisanym lokalnym adresem IP;
- „\$con = mysqli_connect(\$host, \$user_name, \$pass)”, komenda połączenia z bazą danych, przypisanymi zmiennymi, podaną nazwą hosta użytkownika oraz hasło.

Podstawowe zadania wykonane w czasie realizacji projektu za pośrednictwem PHPMYADMIN to:

- Zarządzanie bazą danych, tworzenie tabel, usuwanie tabel;
- Edytowanie baz danych;
- Edycja użytkowników;
- Testowanie zapytań.

Jeżeli już uzyskamy połączenie z bazą danych przechodzimy do pliku „data.php”, plik ten przetwarza zapytanie PHP, które dostaje od mikrokontrolera w zamian za zapytanie odpowiada mikrokontrolerowi „Done”. Poniżej znajduje się ilustracja, która przedstawia wcześniej wspomnianą komunikację serwera z mikrokontrolerem. Jest to wymiana informacji. Serwer odbiera dane, zapisując je w bazie danych.

Rysunek 19. Skrypt PHP który odpowiada za przetworzenie odebranych danych z platformy Arduino




```
1 <?php
2 include ('connection.php');
3 $sql_insert = "INSERT INTO data (temperatura, wilgotnosc, temperatur1, wilgotnosc1, poziom wody) VALUES ('".$_GET["temperatura"]."', '".$_GET["wilgotnosc"]."', '".$_GET["temperatur1"]."', '".$_GET["wilgotnosc1"]."', '".$_GET["poziom_wody"]."')";
4 if(mysqli_query($con,$sql_insert))
5 {
6 echo "Sprawa załatwiona";
7 mysqli_close($con);
8 }
9 else
10 {
11 echo "error is ".mysqli_error($con );
12 }
13 ?>
```

Źródło: Opracowanie własne

Na powyższym zrzucie ekranu przedstawiona jest zawartość pliku „display.php”. Za pomocą komendy INSERT INTO zapytanie zostało przetworzone i wraz z danymi przesłane oraz zapisane w bazie danych. Następnie polecenie echo wysyła do platformy Arduino informację zwrotną oraz zakańcza połączenie. Gdy napotka problem np. z połączeniem wyrzuca informację o błędzie. Ilustracja nr 20 przedstawia odebranie informacji z serwera po przesłaniu danych.

Rysunek 20. Odebranie informacji przez Arduino z serwera



```
11 6
a0 2
a1 2
b0 1
b1 8
c0 1
c1 0
d0 1
d1 5

Temperatura: 24 *C Wilgotnosc: 16% Temperatura: 22 *C Wilgotnosc: 18% Poziom wody: 10/15 mm
Requesting URL: /serwis/logowanie/display/data.php?temperatura=24&wilgotnosc=16&temperatur1=22&wilgotnosc1=18&poziom_wody=10
HTTP/1.1 200 OK
Date: Tue, 19 Jun 2018 11:49:29 GMT
Server: Apache/2.4.29 (Win32) OpenSSL/1.0.21 PHP/5.6.32
X-Powered-By: PHP/5.6.32
Content-Length: 4
Connection: close
Content-Type: text/html; charset=UTF-8

Done
Closing connection
p0 2
p1 4
l0 1
l1 6
a0 2
a1 2
b0 1
b1 8
c0 1
c1 0
d0 1
d1 5

Temperatura: 24 *C Wilgotnosc: 16% Temperatura: 22 *C Wilgotnosc: 18% Poziom wody: 10/15 mm
Connecting to 192.168.1.15
```

Źródło: Opracowanie własne

Serwer przesyła następujące informacje o:

- protokole HTTP;
- aktualna datę i czas;
- podaje wersje aktualizacji oprogramowania: Apache, OpenSSL, PHP;
- informację o zakończeniu połączenia;
- informację o kodowaniu znaków.
- dodatkowo odpowiada informacja z pliku data.php.

3.6. Mechanizm działania serwisu WWW dla Zautomatyzowanego Formicarium

Serwis www zautomatyzowanego formicarium, został stworzony w celu pozyskiwania danych oraz sterowania światłem. Mechanizmy serwisu zostały stworzone na podstawie template Bootstrap oraz freamwork.

Freamwork jest to zbiór pakietów programistycznych. Zbiór ten został tak zbudowany, aby tworzyć szkielety aplikacji np. serwisu sterownika formicarium. Narzędzie to posiada szeroką gamę darmowych projektów, każdy z użytkowników jest w stanie dobrać odpowiedni projekt strony www do swojego projektu. Programista może w dowolny sposób, rozbudowywać swój serwis jednak musi on pamiętać, aby nie modyfikować kodów na odpowiednich licencjach, ponieważ jest to niedozwolone. Dzięki Freamworkowi użytkownik nie musi tworzyć serwisu od podstaw co jest bardziej efektywnym rozwiązaniem co zostało wykorzystane w projekcie zautomatyzowanego formicarium. Aby skorzystać z freamworka należy znaleźć najbardziej odpowiedni dla naszych potrzeb projekt, a następnie zainstalować go na serwerze WWW. Następnie działający freamwork możemy dowolnie modyfikować dla celów własnego projektu.³⁰

Template Bootstrap to zestaw narzędzi source, który stosuje się do programowania CSS, HTML oraz JS. Biblioteka ta jest popularna. Posiada bardzo duży wachlarz narzędzi i możliwości, są to miliony front-endowych rozwiązań. Dzięki zastosowaniu tego narzędzia można tworzyć serwisy responsywne z pięknym desingem. HTML jest to język znaczników, składnia to seria tagów, których używa się do zamykania w niej treści. Języka HTML używa się do tworzenia struktury strony, aby nadać im zamierzoną funkcjonalność. Z pomocą tego narzędzia można pogrubić tekst, stworzyć odnośnik do strony czy nadać kolor lub zamieścić obrazek. CSS jest to kaskadowy arkusz stylów. Style są to opisy komponentów wyglądu serwisu, zapisanych wcześniej w HTML.

30 B. Hogan, *HTML5 i CSS3. Standardy przyszłości*, Helion, Gliwice 2017, s. 17.

Serwis zautomatyzowanego formicarium został umieszczony na wykupionym hostingu w firmie webd.pl. Adres serwisu zautomatyzowanego formicarium to: „www.sterownikformicarium.pl”. Aby uruchomić serwis należy, wpisać powyższy adres w przeglądarkę internetową. Następnie pojawia nam się strona powitalna, której zrzut został umieszczony poniżej.

Rysunek 21. Strona startowa serwisu zautomatyzowanego formicarium



Źródło: Opracowanie własne

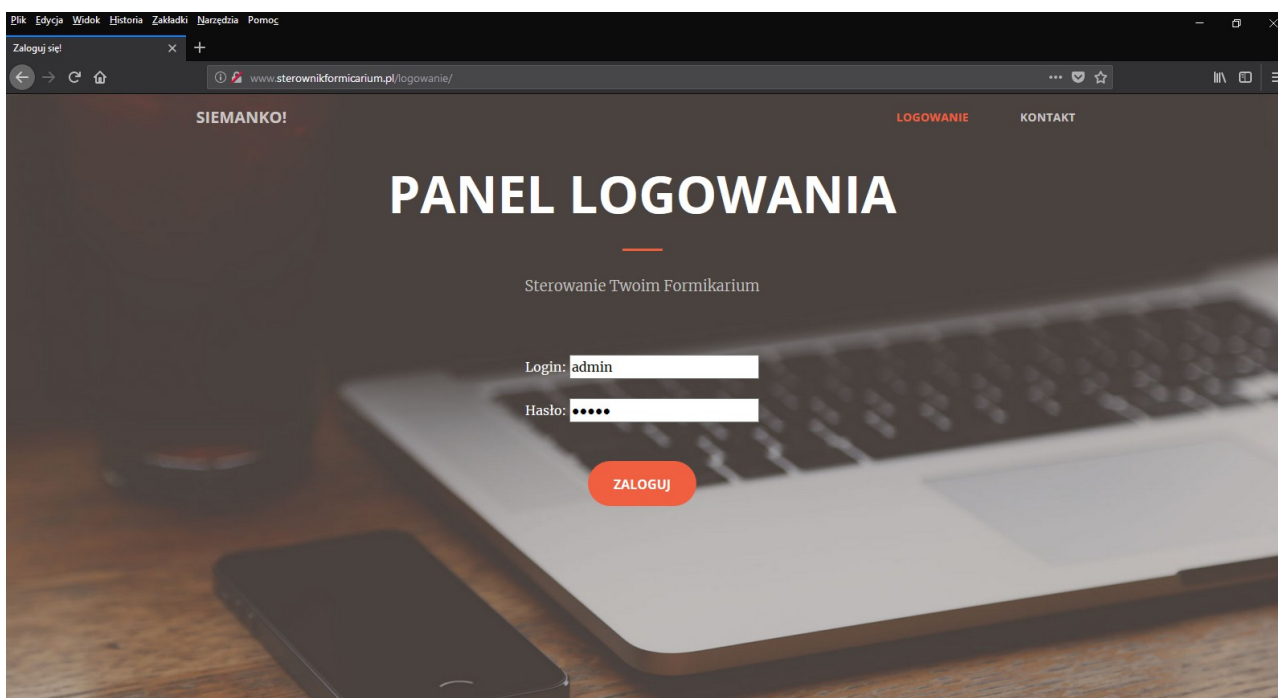
Strona startowa wyposażona została w przyciski ukryte w tekście, które tworzą menu. Przyciski oznaczają kolejno:

- „SIEMANKO!”, przesunięcie strony zawsze na początek strony;
- „PROJEKT”, przesuwa stronę niżej, gdzie został umieszczony, opis jak działa sterownika;
- „MOŻLIWOŚCI”, przesuwa stronę w miejsce, gdzie opisane zostały możliwości sterownika;
- „GALERIA”, przesuwa stronę w miejsce, z dołączonymi zdjęciami;
- „ZALOGUJ”, przesuwa w miejsce z przyciskiem logowania;
- „KONTAKT”, przesuwa na koniec strony z danymi do kontaktu.

Następnym krokiem, aby się zalogować, jest przejście do panelu logowania. Skrypt logowania został napisany w PHP. Panel logowania zabezpiecza serwis danych oraz sterowanie światłem przed niechcianymi użytkownikami. Użytkownik przypisany do bazy danych w przypadku projektu to, nazwa użytkownika „admin” i hasło „admin”. Będąc w panelu logowania należy, wcisnąć przycisk „zaloguj”. Następnie wpisać nazwę użytkownika i hasło, które zostały podane powyżej. Opisany powyżej sposób zalogowania

przedstawiony został na poniższym rysunku.

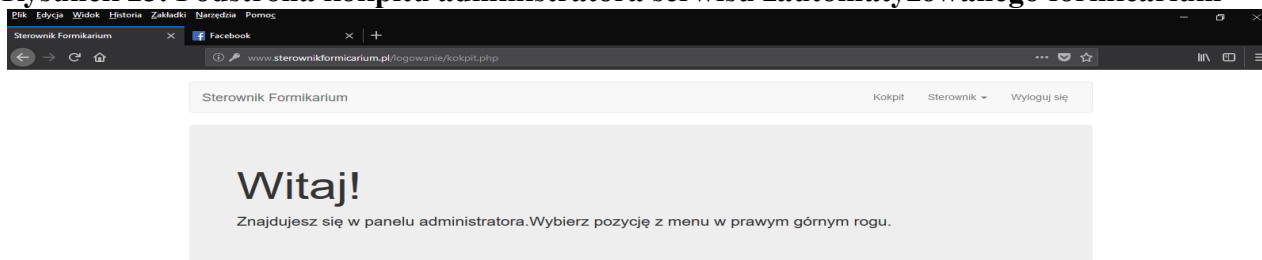
Rysunek 22. Panel logowania serwisu zautomatyzowanego formicarium



Źródło: Opracowanie własne

Prezentowany powyżej panel logowania posiada przycisk „ZALOGUJ”, który przy poprawnej próbie logowania przenosi użytkownika do kokpitu administracyjnego, gdzie użytkownik może, zarządzać sterownikiem formikarium, odczytywać dane oraz sterować światłem. Strona logowania posiada również funkcję powrotu do strony startowej poprzez przycisk „SIEMANKO” i przewinięcie panelu do przycisku powrotu na stronę startową. Na końcu strony znajduje się kontakt do autora projektu. Po udanej próbie logowania, przechodzimy do kokpitu administratora, który został przedstawiony poniżej.

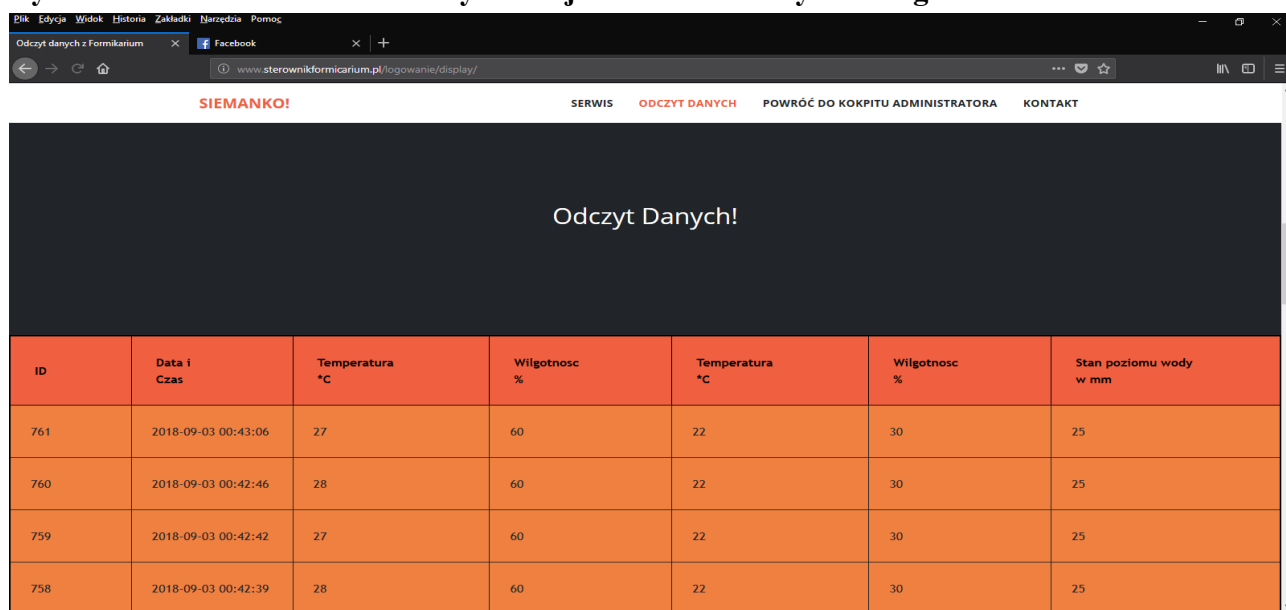
Rysunek 23. Podstrona kokpitu administratora serwisu zautomatyzowanego formicarium



Źródło: Opracowanie własne

Kokpit panelu administracyjnego przedstawiony powyżej zawiera funkcję przejścia do podstron z odczytem danych oraz sterownika światłem. Listę rozwijamy przyciskając przycisk „Sterownik”. Strona posiada również możliwość wylogowania i powrotu do strony startowej. Aby odczytać dane przekazywane z bazy danych należy, rozwinąć listę przycisku „Sterownik” i wybrać przycisk „Odczytaj dane z czujników”. Po wciśnięciu tego przycisku przechodzimy do strony zobrazonej poniżej.

Rysunek 24. Strona WWW z danymi czujników zautomatyzowanego formicarium



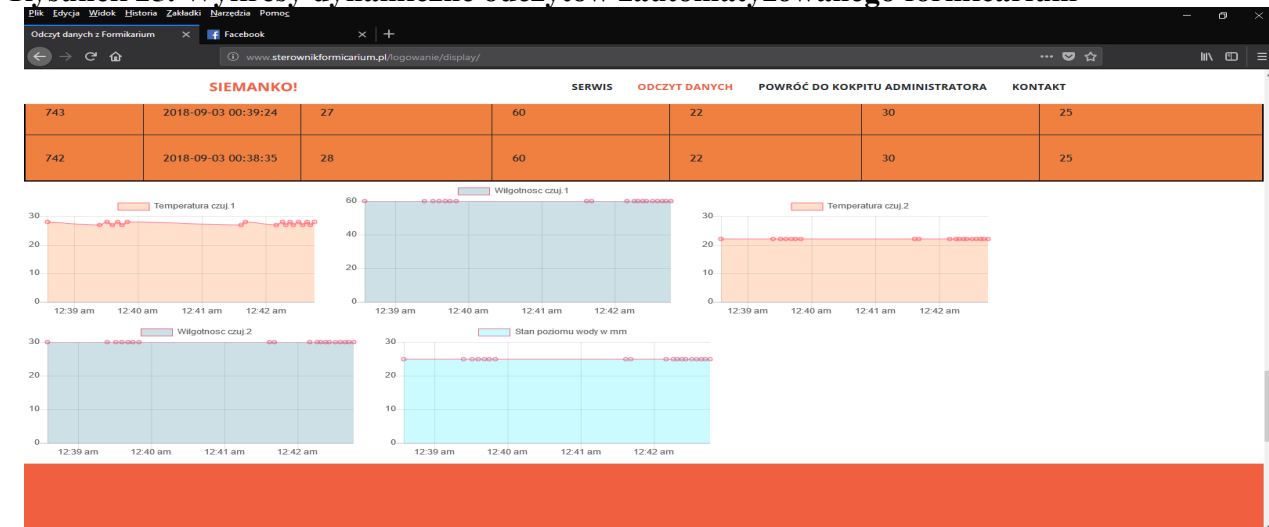
The screenshot shows a web browser window with the URL www.sterownikformicarium.pl/logowanie/display/. The page has a navigation bar with links: SERWIS, ODCZYT DANYCH, POWRÓĆ DO KOKPITU ADMINISTRATORA, and KONTAKT. The main heading is 'Odczyt Danych!'. Below it is a table with 7 columns: ID, Data i Czas, Temperatura °C, Wilgotnosc %, Temperatura °C, Wilgotnosc %, and Stan poziomu wody w mm. The table contains 4 rows of data.

ID	Data i Czas	Temperatura °C	Wilgotnosc %	Temperatura °C	Wilgotnosc %	Stan poziomu wody w mm
761	2018-09-03 00:43:06	27	60	22	30	25
760	2018-09-03 00:42:46	28	60	22	30	25
759	2018-09-03 00:42:42	27	60	22	30	25
758	2018-09-03 00:42:39	28	60	22	30	25

Źródło: Opracowanie własne

Powyższy rysunek przedstawia tabelę z odczytem danych, które zostały zapisane w bazie danych i odczytane w tabelach. Do tabeli zostały stworzone dynamiczne wykresy odczytujące 20 ostatnich zapisów. Wykresy te zostały stworzone w JavaScript. Poniżej przedstawiono zrzut ekranu ze wspomnianymi wykresami.

Rysunek 25. Wykresy dynamiczne odczytów zautomatyzowanego formicarium



Źródło: Opracowanie własne

Wykresy przedstawiają zapisy danych z 5 czujników. Na wykresach widać zapis punktowy. Każdy punkt określa jedną jednostkę w czasie. Pierwszy czujnik temperatury rysuje zakres temperatur przy histeryzacji o 1 stopień. Stąd widać małe skoki temperatury. Reszta czujników przedstawia stałe warunki w formicarium.

Zakończenie

Celem pracy było poznanie zastosowań Internetu Rzeczy w budowie zautomatyzowanego formicarium. W celach powyższej pracy zaprojektowano oraz zbudowano sterownik zautomatyzowanego formicarium, oraz zbadano mikrokontrolery Raspberry Pi, Arduino, oraz te pochodzące z firmy Intel. Podczas wykonywania Projektu Zautomatyzowanego Formicarium stwierdzono, iż Platforma Arduino jest bardzo wszechstronna oraz uniwersalna. Zauważono również że ta platforma jest kompatybilna z ogromną liczbą sensorów, sterowników, wyświetlaczy oraz może komunikować się z innymi platformami. Pracę z mikrokontrolerem Arduino ułatwia fakt, iż w różnych źródłach można odnaleźć różnego rodzaju projekty z wykorzystaniem tej platformy oraz w razie problemu otrzymać wsparcie od innych użytkowników Arduino. Arduino posiada również ogromną bazę bibliotek ułatwiających oprogramowanie. Co czyni tę platformę atrakcyjną. Badając inne platformy Intela oraz Raspberry Pi zauważono, iż one również posiadają szeroki zakres zastosowań, oraz udzielają wsparcia swoim użytkownikom.

Dzięki wiedzy zdobytej podczas tworzenia powyższej pracy zauważono, że powstaje bardzo wiele projektów na bazie Arduino, zarówno amatorskich, jak i przemysłowych. Arduino zyskało swoją popularność dzięki prostocie użytkowania oraz niskiej cenie. Wielu pasjonatów informatyki z całego świata dzieli się swoim kodem za darmo na licencji open source co ułatwia naukę. Powstało wiele forów poświęconych tej tematyce oraz wielkie wsparcie producentów. To wszystko czyni platformę tak bardzo popularną.

Projekt Zautomatyzowanego Formicarium i jego uruchomienie pozwoliły na poniższe stwierdzenia. Sterownik formicarium pomaga zachowywać optymalne warunki do hodowli mrówek. Czuwają one nad stałą temperaturą, wilgotnością powietrza oraz dają możliwość sterowania światłem za pomocą internetu. Zastosowanie urządzenia tego typu może być bardzo dużo. Np. klimatyzacja, suszarnia, hodowla grzybów, różnorodne terraria dla innych wymagających zwierząt. Większość mrówek nie jest bardzo wymagająca w hodowli, są jednak takie gatunki, gdzie bez automatu jest to niemal niemożliwe. Mrówki dzięki optymalnej temperaturze i wilgotności są zdrowe oraz szybciej się rozwijają. Dzięki takiemu urządzeniu można takie owady hodować z powodzeniem. W projekcie wykorzystano technologie programistyczne Arduino IDE C++, do oprogramowania mikrokontrolera oraz zbierania danych z czujników. Wykorzystano również zapytania PHP do komunikacji z bazą danych w phpMyAdmin generowane przez Arduino Mega z Ethernetshield. W projekcie zastosowano również technologie webowe JS jako wyświetlanie danych w tabelach dynamicznych na serwisie z bazy danych, JSON przy sterowaniu i komunikacja światłem, template bootsrap, CSS, JS, HTML5 jako model i wygląd serwisu sterownika

formicarium. Budując sterownik zautomatyzowanego formicarium problem sprawiły czynniki takie jak pamięć płytek, komunikacja między płytkami, połączenie mikrokontrolera z internetem, trwałość komponentów oraz możliwa długość zapytania PHP. Wszystkie z wyżej wymienionych problemów pozwalają na wysunięcie poniższych wniosków. Podczas wyboru komponentów do budowy projektu należy zwrócić szczególną uwagę na wykonanie techniczne mikrokontrolera. Kolejną ważną sugestią jest dobór bibliotek, które zostaną użyte do oprogramowania sensora lub chipsetu Wi-Fi. Pierwotnie w projekcie użyto klona Dfruno WiDo z nietypowym chipsetem wifi miał on za zadanie przysyłać dane do bazy danych za pośrednictwem internetu jednak sprawił on ogromne problemy z oprogramowaniem poprzez skomplikowaną procedurę łączenia się z internetem oraz przysyłania zapytania PHP zawierającego dane do bazy danych. W czasie kiedy mikrokontroler działał w pożądanym sposób złącze microUSB do komunikacji mikrokontrolera z komputerem odlutowało się i potrzebne było zastąpienie go płytką Arduino Mega z Ethernetshield. Klon poprzez zarezerwowane złącza pod chipset Wi-Fi, posiadał problemy z komunikacją z innymi platformami. Dlatego bardzo ważne jest sprawdzanie specyfikacji oraz schematów urządzeń, zanim je zakupimy. Pochopne zakupienie sprzętu może spowodować wielką frustrację użytkownika oraz wiele zmarnowanego czasu, nie dając pożądanego efektu w projekcie. Ciekawa propozycja aby, rozwijać projekt może być podłączenie Arduino do Raspberry Pi za pośrednictwem portu USB. Mini komputer dzięki systemowi operacyjnemu byłby w stanie odczytywać dane z Arduino za pośrednictwem serial monitora a Raspberry Pi przysyłał by dane w łatwy sposób do bazy danych. Raspberry Pi jest wydajniejszy od Arduino dzięki czemu nie miał by kłopotów z zapytaniami PHP oraz połączeniem z siecią. Do Raspberry Pi można podłączyć monitor lub duży dotykowy wyświetlacz oraz można uruchomić aplikacje co pozwoliłoby w ciekawy i ładniejszy sposób wyświetlać dane.

Powyższa praca pokazuje, że Internet Rzeczy oraz jego komponenty mają bardzo szerokie zastosowanie w budowie zautomatyzowanego formicarium. Istnieje wiele możliwości zbudowania takiego urządzenia. Komponenty IOT mają bardzo szeroki zakres zastosowań, użytkownicy różnych platform mogą często pozwolić sobie na ich łączenie. Zauważono również, że Internet Rzeczy jest w fazie ciągłego rozwoju, co może przyczynić się do całkowicie zautomatyzowanego świata w przyszłości.

Spis źródeł

1. Adamczewski P., Internet Rzeczy w rozwoju e-logistyki organizacji inteligentnych, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”249 , Katowice 2015.
2. Anderson R., Cervo D., Arduino dla zaawansowanych, Helion, Gliwice 2014.
3. Boxall J., Arduino 65 praktycznych projektów, Helion, Gliwice 2014.
4. Bugalski P., Kurs Intel Edison – niezbędne informacje o sprzęcie, „www.Forbot.pl”, red. D. Szymański:<https://forbot.pl/blog/kurs-intel-edison-2-niezbedne-informacje-o-sprzecie-id10810>.
5. Bugalski P., Kurs Raspberry Pi –czym jest popularna malinka?, „www.Forbot.pl”, red. D. Szymański: <https://forbot.pl/blog/kurs-raspberry-pi-czym-jest-popularna-malinka-id21044>.
6. Cyprowski F., Big Data. Mini-podręcznik dla laików, Instytut Badań Rynkowych i Społecznych, 2014.
7. Evans M., Noble J., Hochenbaum J., Arduino w akcji, Helion, Gliwice 2014.
8. Hogan B., HTML5 i CSS3. Standardy przyszłości,Helion, Gliwice 2017.
9. Józefiak B., Internet rzeczy nie będzie bezpieczny, „CyberDefence24”, 2016:
<https://www.cyberdefence24.pl/internet-rzeczy-nie-bedzie-bezpieczny>.
10. Kozak S., Szymański D., Kurs Arduino – podstawy programowania, porty I/O, „www.Forbot.pl”: <https://forbot.pl/blog/kurs-arduino-srodowisko-jak-zaczac-programowac-id936>.
- 11, Krupiński L, Przekazywanie danych między stronami, KURS PHP:
<https://phpkurs.pl/przekazywanie-danych/>, odczyt z dnia 02.09.2018.
12. Lis M., PHP i MySQL. Dla każdego,Helio, Gliwice 2017.
13. Martin R., Czysty kod. Podręcznik dobrego programisty, Helion, Gliwice 2014.
14. McIlwraith D., Marmanis, H. Babenko D., Inteligentna sieć. Algorytmy przyszłości, wyd. 2, Helion, Gliwice 2017.
15. Merta A., Rasseberry Pi jak zacząć?, „Młody technik”2014.

16. Miller M., Internet rzeczy, PWN, Warszawa 2016.
17. Monk S., Raspberry Pi. Przewodnik dla programistów Pythona, Helion, Gliwice 2014.
18. Norris D., Raspberry Pi. Niesamowite projekty. Szalony Geniusz, Helion, Gliwice 2014.
19. Nussey J., Arduino For Dummies, Wiley, 2013.
20. Werber B., Imperium Mrówek, Sonia Draga, nr 2, Katowice 2015.

Spis tabel

Tabela 1. Wybrane klony DF Rduino.....	11
Tabela 2. Wybrane płytki Arduino.....	16
Tabela 3. Rodzaje mini komputerów Rassbery Pi.....	18
Tabela 4. Porównanie wyświetlaczy LCD 4x20 znaków oraz LCD 2x20 znaków.....	32
Tabela 5. Porównanie czujników typu DHT.....	34

Spis ilustracji

Rysunek 1. Interakcje Internetu Rzeczy.....	5
Rysunek 2. Zastosowania Internetu Rzeczy.....	7
Rysunek 3. Mikrokontroler Arduino UNO.....	12
Rysunek 4. Mikrokontroler Raspberry Pi.....	17
Rysunek 5. Mikrokontroler Intel Galileo.....	18
Rysunek 6. Schemat przepływu informacji w projekcie zautomatyzowanego formicarium.....	25
Rysunek 7. Zrzut ekranu czystej karty programu Arduino IDE	26
Rysunek 8. Zrzut ekranu czystej karty programu Arduino IDE z rozwiniętą listą narzędzia.....	27
Rysunek 9. Zrzut ekranu czystej karty programu Arduino IDE z rozwiniętą listą szkic.....	27
Rysunek 10. Odbiór danych w bibliotece SoftwareSerial.....	28
Rysunek 11. Przypisanie adresu MAC w sketchu.....	30
Rysunek 12. Schemat układu podłączenia sterownika światłem w projekcie zautomatyzowanego formicarium.....	31
Rysunek 13. Skrypt PHP sterujący światłem w projekcie zautomatyzowanego formicarium.....	32
Rysunek 14. Panel sterowania światłem w projekcie zautomatyzowanego formicarium.....	33
Rysunek 15. Schemat układu sterownika zautomatyzowanego formicarium.....	34
Rysunek 16. Zrzut ekranu przedstawiający wygenerowanie zapytania w PHP.....	36
Rysunek 17. PHPMYADMIN w trakcie tworzenia tabeli „mrowki”.....	40
Rysunek 18. Komunikacja z bazą danych skrypt PHP.....	41
Rysunek 19. Skrypt PHP który odpowiada za przetworzenie odebranych danych z platformy Arduino.....	42

Rysunek 20. Odebranie informacji przez Arduino z serwera.....	42
Rysunek 21. Strona startowa serwisu zautomatyzowanego formicarium.....	44
Rysunek 22. Panel logowania serwisu zautomatyzowanego formicarium.....	45
Rysunek 23. Podstrona kokpitu administratora serwisu zautomatyzowanego formicarium.....	45
Rysunek 24. Strona WWW z odczytami czujników zautomatyzowanego formicarium.....	46
Rysunek 25. Wykresy dynamiczne odczytów zautomatyzowanego formicarium.....	46