

Bezprzewodowy układ pomiarowy z analizą sieci Wi-Fi na Web Serwerze na platformie Arduino

Artur Wodołański

Główny Instytut Górnictwa, Zakład Oszczędności Energii i Ochrony Powietrza, Plac Gwarków 1, 40-166 Katowice

Streszczenie: Bezprzewodowe układy pomiarowe znajdują szerokie zastosowanie w eksperymentach badawczych i w pomiarach. W artykule przedstawiono wykonany prototyp bezprzewodowego modułu do pomiaru temperatury na platformie Arduino przez sieć Wi-Fi na Web Serwerze. Zaprezentowany układ jest niedrogi, ale bardzo efektywny – zapewnia akwizycję danych pomiarowych wraz z analizą sieci Wi-Fi. Poziomy sygnałów sieciowych pokazywane są na wyświetlaczu LCD. Potencjalne możliwości zastosowania oraz rozbudowy układu pozwalają go ocenić jako efektywne narzędzie do celów badawczych lub edukacyjnych.

Słowa kluczowe: mikrokontrolery, pomiary temperatury, Arduino, układy pomiarowe

1. Wprowadzenie

Obecne projekty oraz prace badawcze bardzo często wymagają od pracowników naukowych wykonywania w laboratoriach własnych układów pomiarowych dostosowanych do wymagań przeprowadzanego eksperymentu. Badanie nowych i nieznanymi zjawisk wymaga zarówno rozbudowania funkcjonalności, jak i zagwarantowania dokładności narzędzi pomiarowych. Ponieważ urządzenia pomiarowe są często zbyt kosztowne lub skomplikowane, wówczas rozbudowa układu jest ułatwiona dzięki użyciu narzędzi typu „open-source”, np. platformy elektronicznej Arduino do monitorowania lub sterowania procesem [1, 2].

Arduino to platforma programistyczna dla systemów wbudowanych. Składa się z mikrokontrolera osadzonego na niewielkiej płytce drukowanej PCB (ang. *printed circuit board*), wyposażonej w gniazda umożliwiające łatwe podłączenie urządzeń zewnętrznych do wejść cyfrowych i analogowych. Zintegrowane środowisko programistyczne IDE (ang. *Integrated Development Environment*) w łatwy i przejrzysty sposób upraszcza etapy edycji i kompilacji kodu przesyłanego do mikrokontrolera. Platforma ta jest znacznie tańszą alternatywą platformy LabVIEW [3].

Platforma Arduino znajduje zastosowanie w licznych projektach, m.in. przy konstrukcji drukarek 3D czy robotów mobilnych [4]. Lago i Silva [5] użyli platformy Arduino do kontroli pojemności bezstykowego czujnika przewodności (C4D) w elektroforezie kapilarnej i wysokosprawnej chroma-

tografii cieczowej HPLC (ang. *high-performance liquid chromatography*). Anzalone [6] zastosował platformę Arduino do budowy taniego kalorymetru, Kamogawa [7] – do kontroli natężeń przepływów przez pomiar stopnia otwarcia zaworów regulacyjnych. Użycie platformy Arduino do monitorowania warunków otoczenia, jak temperatura, wilgotność czy promieniowanie zostało przeprowadzone przez Gaspareca [8], Barroce [9] oraz Rodriguez [10]. Detektory oraz siłowniki mogą być sterowane za pomocą platformy Arduino, co daje jej nieograniczone możliwości wykonawcze w rozbudowie funkcjonalności układu.

Uruchomienie Web Serwera na platformie Arduino umożliwia utworzenie nieinwazyjnego systemu monitoringu z uniknięciem obecności lokalnych bramek i zasobochłonnych serwerów sieciowych. Oferuje to możliwość koordynacji połączonych ze sobą mikrokontrolerów poprzez internet z zapewnieniem wsparcia dla płyt sieciowych z użyciem gniazd, mostków sieciowych czy protokołu transmisji danych MQTT (ang. *MQ Telemetry Transport*) dla sieci o niedużej przepustowości. Obecnie w bezprzewodowej transmisji danych najczęściej stosowany jest standard IEEE 802.15.4 oraz ZigBee [11] – coraz bardziej popularne w rozwoju bezprzewodowych urządzeń pomiarowych. Źródło literaturowe [12] pokazuje również, że istnieje możliwość integracji układu ESP8266 ze środowiskiem graficznym SCADA z wykorzystaniem oprogramowania Opto22 firmy PDAControl i protokołu komunikacyjnego Modbus. Możliwa współpraca układu ESP 8266 ze sterownikiem PLC zrealizowanym przez firmę Digital-Loggers [13] stanowi duży potencjał w rozbudowie modułu do monitoringu i sterowania procesów w przemyśle.

Celem artykułu jest prezentacja bezprzewodowego modułu pomiarowego do akwizycji danych pomiarowych na Web Serwerze wraz z analizą zasięgu sieci Wi-Fi na bazie platformy Arduino. Zastosowanie platformy przyczynia się do obniżenia kosztów i zmniejszenia złożoności modułu, a wygodny interfejs umożliwia użytkownikowi dostęp do danych z dowolnego terminala.

Autor korespondujący:

Artur Wodołański, awodolazski@gig.katowice.pl

Artykuł recenzowany

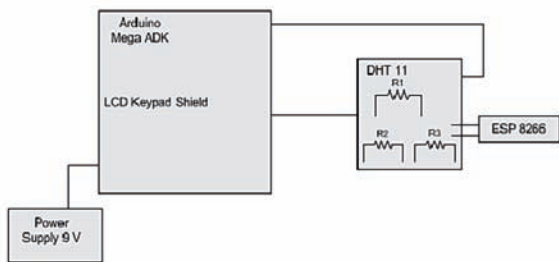
nadesłany 03.08.2016 r., przyjęty do druku 26.08.2016 r.



Zezwala się na korzystanie z artykułu na warunkach licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 3.0

2. Konstrukcja modułu pomiarowego

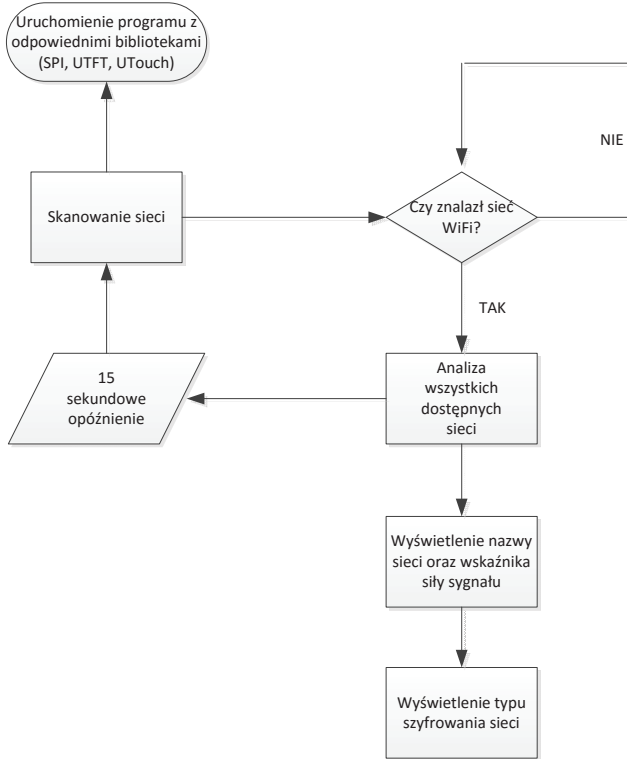
W skład opracowanego modułu pomiarowego wchodzi: platforma Arduino, moduł Wi-Fi ESP8266, cyfrowy czujnik temperatury DHT11 oraz wyświetlacz LCD do wyświetlania zasięgu sieci Wi-Fi i parametrów pomiarowych. Źródłem zasilania dla platformy Arduino jest bateria PP3 9 V. Uproszczony schemat blokowy układu pomiarowego przedstawiony jest na rys. 1.



Rys. 1. Schemat blokowy bezprzewodowego układu pomiarowego bazującego na module ESP8266

Fig. 1. Block diagram of the wireless measuring system based on the ESP8266 modul

Platforma Arduino składa się z mikrokontrolera AVR ATmega2560, 256 kB pamięci Flash, 54 cyfrowych wejść/wyjść oraz z 15 kanałów PWM. Układ taktowany jest zegarem o częstotliwości 16 MHz. Dokładną specyfikację platformy zamieszczono w [14]. Dane pomiarowe są automatycznie pobie-



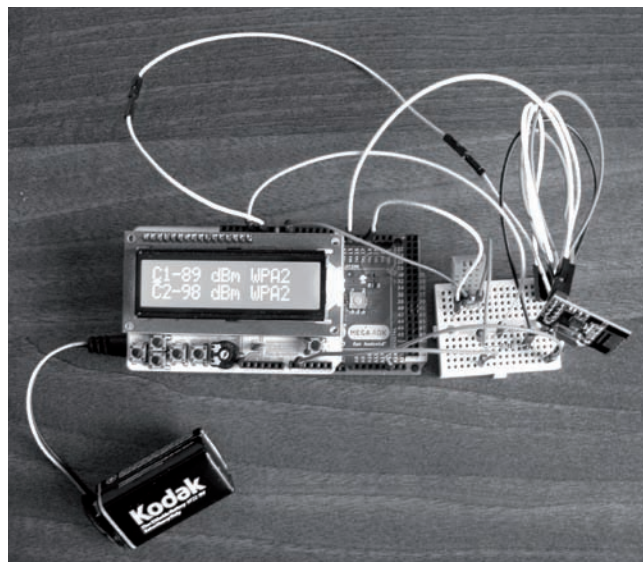
Rys. 2. Schemat blokowy kodu

Fig. 2. Code block diagram

rane i zapisywane na Web Serwerze. Podłączony do platformy Arduino moduł Wi-Fi bazuje na chipie ESP8266 w standardzie Wi-Fi 802.11b/g/n i działa na częstotliwości 2,4 GHz. Wyprowadzony jest w 8 wyprowadzeń, z czego trzy to GPIO. Ma 1 MB pamięci Flash, wbudowaną diodę LED i antenę PCB. Wymiary płytki to 24,8 mm × 16 mm. Ten mały, tani i wydajny moduł, pracuje na napięciu 3,3 V zapewniając dużą szybkość transmisji danych. Do modułu podłączony jest 8-bitowy czujnik temperatury i wilgotności DHT11 z interfejsem cyfrowym o zakresie pomiarowym temperatury od 0 °C do 50 °C oraz wilgotności od 20% do 90%. Dane pomiarowe z modułu można odczytywać zarówno za pomocą wyświetlacza LCD jak i przeglądarki internetowej. Moduł Wi-Fi ESP8266 połączony jest z platformą Arduino przez dwa porty szeregowy, gdzie jeden wysyła polecenia do modułu, a drugi łączy platformę Arduino z komputerem. Kod programu został napisany w języku C z użyciem oprogramowania Arduino w wersji 1.6.7. Algorytm działania programu został przedstawiony na rys. 2.

3. Testowanie modułu oraz omówienie wyników

Uproszczony schemat blokowy układu został przedstawiony na rys. 1. Po kompilacji oraz przesłaniu kodu wykonalnego na platformę Arduino na wyświetlaczu LCD pojawia się informacja o dostępnych sieciach Wi-Fi oraz o sile sygnału (dBm), co przedstawiono na rys. 3.

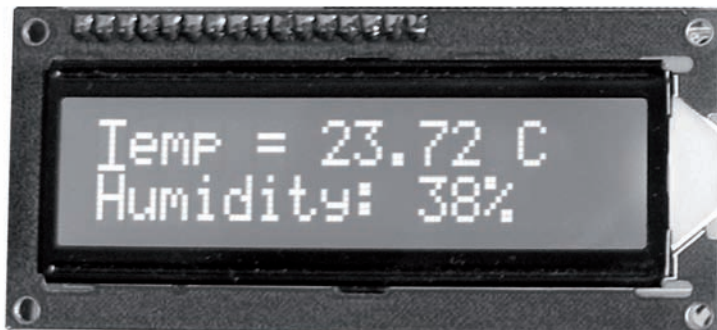


Rys. 3. Bezprzewodowy układ pomiarowy oparty na module ESP8266 wraz z dostępnymi sieciami Wi-Fi na wyświetlaczu

Fig. 3. Wireless sensor system based on the ESP8266 module with available Wi-Fi networks on display

Wraz z przemieszczaniem się platformy siła sygnału ulega zmianie, co może wpływać na chwilowe przerwania w transmisji sygnału pomiarowego. W tym przypadku dane pomiarowe są automatycznie zapisywane na karcie SD (ang. *Secure Digital*). Dostęp do danych pomiarowych może być również zrealizowany za pomocą telefonu komórkowego. Przykładowa akwizycja danych pomiarowych za pomocą opracowanego układu przedstawiona jest na rys. 4.

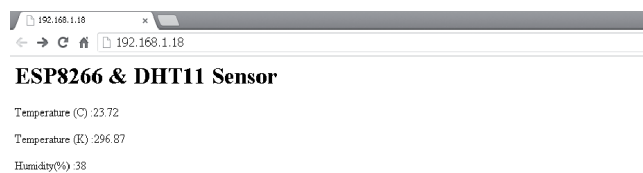
Dane pomiarowe z modułu są automatycznie pobierane na Web Serwer (rys. 5). Zarządzanie danymi pomiarowymi przez przeglądarkę internetową nie wymaga instalowania zewnętrznych aplikacji. Układ został przetestowany pod-



Rys. 4. Reprezentacja danych pomiarowych na wyświetlaczu LCD
Fig. 4. Representation of measurement data on LCD display

czas eksperymentalnych pomiarów temperatury ciepłej wody wykonywanym równolegle za pomocą elektronicznego termometru cyfrowego, co potwierdza poprawność transmisji danych. Istnieje również możliwość rozbudowy układu o kolejne urządzenia pomiarowe, co zwiększy funkcjonalność całego urządzenia.

Szyfrowana transmisja danych odbywa się za pośrednictwem protokołu WPA2 (ang. *Wi-Fi Protected Access II*), a interfejs do akwizycji danych pomiarowych został napisany w języku HTML i PHP. Dane pomiarowe są automatycznie aktualizowane i wyświetlane na stronie internetowej co 5 sekund. Czas wyświetlania można regulować w zależności od potrzeb eksperymentu. Osadzenie Web Serwera na platformie



Rys. 5. Akwizycja danych pomiarowych na Web Serwerze w przeglądarce internetowej

Fig. 5. Acquisition of measurement data on the Web Server in web browser

Arduino i wykorzystanie protokołu HTTP (ang. *Hypertext Transfer Protocol*) ułatwia wymianę informacji między klientem a serwerem. Odczyt wejść analogowych z Arduino umożliwia zmianę odczytywanych wartości przy użyciu komendy „client.print ()” służącej do wysyłania danych na stronę internetową.

4. Podsumowanie

W przedstawionym artykule zaprezentowano bezprzewodowy moduł pomiarowy wraz z analizą zasięgu sygnału Wi-Fi. Dane pomiarowe z modułu są automatycznie zapisywane na Web Serwerze, do którego dostęp może być zrealizowany za pomocą telefonu, tabletu lub laptopa. W przypadku braku dostępu do

sieci dane są zapisywane na karcie SD. Opracowany moduł pomiarowy może być wykorzystany do pomiaru temperatury w becznieniowym reaktorze, wędzarni lub do własnych celów eksperymentalnych.

W zależności od doboru dokładności czujnika pomiarowego opracowaną platformę można zastosować również w przemyśle chemicznym, spożywczym oraz paliwowo-energetycznym. Platforma Arduino udostępnia naukowcom narzędzie do budowania złożonych układów pomiarowych oraz usprawnienia rozwoju oprogramowania wraz z automatyzacją pomiaru, przyczyniając się do zwiększenia jego wydajności oraz zapewnienia bezobsługowej pracy. Zdalnie sterowane przyrządy pomiarowe przyczyniają się zarówno do oszczędności czasu, jak i wysiłku badaczy, zapewniając rozbudowę funkcjonalności układu pomiarowego, usprawniając automatykę, zapewniając efektywniejsze sterowanie procesem czy skracając czas reakcji układów, które są kluczowe w zapobieganiu awarii.

Bibliografia

- Pearce J.M., *Building Research Equipment with Free, Open-Source Hardware*, “Science”, Vol. 337, Issue 6100, 2012, 1303–1304, DOI: 10.1126/science.1228183.
- D’Ausilio A., *Arduino: a low-cost multipurpose lab equipment*, “Behavior Research Methods”, Vol. 44, No. 2, 2012, 305–313, DOI: 10.3758/s13428-011-0163-z.
- APM, *Ardupilot* – official website, <http://ardupilot.com/>.
- Bowyer A., *RepRap* – official website, <http://reprap.org/wiki/RepRap>.
- Fracassi da Silva J.A., do Lago C.L., *An oscillometric detector for capillary electrophoresis*, “Analytical Chemistry”, Vol. 70, No. 20, 1998, 4339–4343, DOI: 10.1021/ac980185g.
- Anzalone G.C., Glover A.G., Pearce J.M., *Open-source colorimeter*, “Sensors”, Vol. 13, No. 4, 2013, 5338–5346, DOI: 10.3390/s130405338.
- Kamogawa M.Y., Miranda J.C., *Use of “Arduino” open source hardware for solenoid device actuation in flow analysis systems*, “Quimica Nova”, Vol. 36, No. 8, 2013, DOI: 10.1590/S0100-40422013000800023.
- Gaspares G., *Development of a low-cost system for temperature monitoring*, 36th International Conference on Telecommunications and Signal Processing, 2013, 340–343, DOI: 10.1109/TSP.2013.6613948.
- Barroca N., Borges L.M., Velez F.J., Monteiro F., Górski M., Castro-Gomes J., *Wireless sensor networks for temperature and humidity monitoring within concrete structures*, “Construction and Building Materials”, Vol. 40, 2013, 1156–1166, DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2012.11.087.
- Rodriguez M.G., Ortiz L.E., Jia Yi, Beckman P.H., *Wireless sensor network for data-center environmental monitoring*, Fifth International Conference on Sensing Technology, 2011, 533–537, DOI: 10.1109/ICSensT.2011.6137036.
- Hyuntae Cho, Hyunsung Jang, Yunju Baek, *Practical localization system for consumer devices using Zigbee networks*, “IEEE Transactions on Consumer Electronics”, Vol. 56, Issue 3, 2010, 1562–1569, DOI: 10.1109/TCE.2010.5606298.
- <http://pdacontrolenglish.blogspot.com.co/>.
- <http://www.digital-loggers.com/plc49hw.html>.
- http://www.mantech.co.za/data_sheets/products/A000047.pdf.

Wireless Measuring System with Wi-Fi Networks Analysis and Web Server Based on Arduino Platform

Abstract: Wireless measuring systems are widely used in research experiments and measurements. The article presents the performance of the wireless module for temperature measurement based on Arduino platform via Wi-Fi on Web Server. Presented inexpensive but effective system provides data acquisition with Wi-Fi networks analysis, where the network coverage are shown on the LCD display. The potential applications and the development device is an effective tool for the purpose of research or education.

Keywords: microcontrollers, temperature measurement, Arduino, measuring systems

mgr inż. Artur Wodołański

awodolazski@gig.katowice.pl

Absolwent Wydziału Chemicznego, w 2010 roku uzyskał tytuł magistra inżyniera o specjalności technologia chemiczna organiczna. Absolwent Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej kierunku Informatyka Przemysłowa. W 2013 roku uzyskał tytuł magistra inżyniera o specjalności Inteligentne systemy przemysłowe. Obecnie pracuje w Zakładzie Oszczędności Energii i Ochrony Powietrza Głównego Instytutu Górnictwa. Zainteresowania naukowe: modelowanie procesów technologicznych, układy pomiarowe, automatyka przemysłowa.

