

Arkadiusz PIASECKI*
Grzegorz TRZMIEL*

PROJEKT ZDALNEGO STEROWANIA BUDYNKIEM Z WYKORZYSTANIEM TECHNOLOGII BLUETOOTH

W pracy odniesiono się do tematu zdalnego sterowania wybranymi elementami budynku mieszkalnego za pomocą technologii Bluetooth z wykorzystaniem urządzenia mobilnego. Na początku pracy scharakteryzowano bezprzewodową transmisję danych poprzez Bluetooth. Kolejna część poświęcona jest projektowi budynku oraz układu elektronicznego opierającego się na mikrokontrolerze z rodziny ATmega, komunikującego się z urządzeniem mobilnym poprzez bezprzewodową transmisję danych w standardzie Bluetooth. Projekt zawiera sterowanie oświetleniem, roletami, wentylatorem oraz bramą garażową. Sterowanie opiera się na układzie składającym się z triaka oraz optotriaka. Wykonano również aplikację sterującą na system Android, aby możliwe było sterowanie budynkiem z urządzenia mobilnego.

SŁOWA KLUCZOWE: Bluetooth, zdalne sterowanie budynkiem, urządzenie mobilne

1. WPROWADZENIE

W latach sześćdziesiątych XX wieku dokonano przełomu w sposobie wyposażania budynków mieszkalnych, polegającego na wprowadzaniu nowych rozwiązań, które były odpowiedzialne za wentylację i ogrzewanie pomieszczeń. Wcześniej takie układy stosowano tylko w warunkach przemysłowych i wojskowych, a także w kosmonautyce.

Przez kolejne lata zaczęto wprowadzać systemy IT, telekomunikacyjne oraz automatykę budynkową (oczywiście po uprzednim sprawdzeniu się sterowników w warunkach przemysłowych). Gwałtowny rozwój automatyki w połowie XX wieku przyczynił się do adaptacji urządzeń przemysłowych w budynkach mieszkalnych. Dzięki temu, podstawowe wyposażenie użytkowe budynku (instalacje elektryczne, gazowe, wodno-kanalizacyjne, windy, zabezpieczenia), można zintegrować z jednym, wspólnym systemem zarządzania, zwanym systemem inteligencji budynku. Sprawowanie kontroli nad wszystkimi urządzeniami wykonawczymi pozwala na oszacowanie sposobu korzystania z budynku przez domowników, a tym samym umożliwia prognozę zużycia energii. Obecnie instalacje bu-

* Politechnika Poznańska.

dynkowe ukierunkowane są przede wszystkim na ich użytkownika. Wszelkie rozwiązania technologiczne mają na celu poprawę komfortu i bezpieczeństwa domownika [4].

W erze komputerów i szeroko pojętej elektroniki ludzie chcą żyć wygodnie, każdemu zależy również na oszczędności czasu. Innowacyjność budynków mieszkalnych oraz komfort użytkowania staje się coraz większy. Dlatego temat zdalnego sterowania budynkiem jest interesujący, gdyż gwarantuje większą wygodę oraz swobodę. Dzięki jednemu urządzeniu można sterować praktycznie całym budynkiem, wszystko zależy od poziomu skomplikowania instalacji, kreatywności projektanta systemu i wymagań właściciela.

Rozwój technologii informatycznych przyczynił się do opracowania programów komputerowych, które sprawują kontrolę nad całym systemem. Zbierając informacje na temat sposobu korzystania z poszczególnych urządzeń wykonawczych, system „uczy się” domownika i dostraja się do jego potrzeb. Systemy inteligentnego budynku integrują w sobie nie tylko układy odpowiedzialne za zapewnienie człowiekowi komfortu (np. HVAC – ang. Heating, Ventilation, Air Conditioning – system kondycjonowania temperatury), ale także systemy zapewniające bezpieczeństwo zdrowia i mienia.

2. TECHNOLOGIA BLUETOOTH

Bluetooth jest to standard bezprzewodowej technologii komunikacji zaprojektowany przez grupę Bluetooth SIG (ang. *Special Interest Group*), która powstała w 1998r.

Do głównych zalet Bluetooth należą: otwartość, mały pobór prądu (od wersji 4.0), niska cena oraz elastyczność. Jest to bardzo popularny system komunikacji bezprzewodowej głosu oraz danych, można go spotkać w każdym telefonie komórkowym, laptopie, tablecie oraz wielu innych urządzeniach.

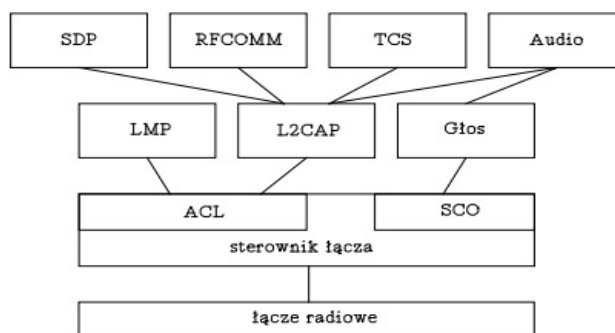
Bluetooth wykorzystuje darmowe, nielicencjonowane pasmo ISM (ang. *Industrial, Scientific and Medicine*) o częstotliwości 2,4 GHz, przeznaczone dla przemysłu, nauki oraz medycyny. Jest ono podzielone na 79 kanałów po 1 MHz każdy [3].

W technologii Bluetooth wyróżnia się 3 klasy urządzeń, których moc bezpośrednio przekłada się na zasięg komunikacji [7]:

- klasa 1: moc 100 mW (20 dBm) - zasięg do 100 m,
- klasa 2: moc 2,5 mW (4 dBm) - zasięg do 10 m,
- klasa 3: moc 1 mW (0 dBm) - zasięg do 1 m.

W celu umożliwienia wymiany informacji muszą występować dwa urządzenia, jeden typu nadrzędnego master, natomiast drugi typu podrzędnego slave. Komunikacja może wystąpić tylko pomiędzy urządzeniem master i slave. Nie jest możliwe przesyłanie danych pomiędzy dwoma urządzeniami typu slave.

Architektura systemu składa się z protokołów pogrupowanych w warstwy. Strukturę warstw przedstawiono na rysunku 2.1.



Rys. 2.1. Warstwy w systemie Bluetooth [6]

Łącze radiowe jest to najniższa warstwa określająca fizyczną warstwę radiową. Odpowiada ona za modulację GFSK (*ang. Gaussian Frequency Shift Keying*) oraz transmisję radiową w systemie Bluetooth.

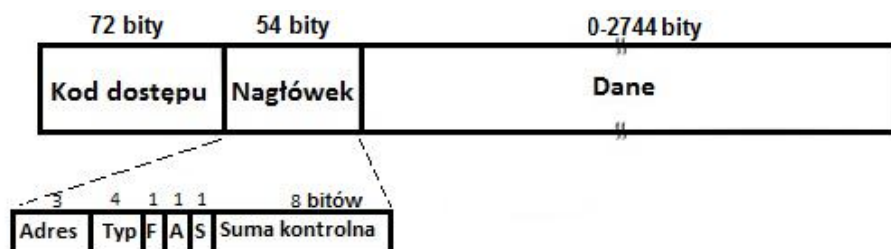
Drugą warstwą jest sterownik łącza. Określa ona sposób kontrolowania slotów czasowych oraz grupowanie w ramki danych.

Kolejna warstwa zawiera protokoły pośredniczące. Protokół emulacji portu szeregowego RFCOMM (*ang. Radio Frequency Communication*), który emuluje port szeregowy RS-232, wykorzystując protokół L2CAP w celu podłączenia myszki, klawiatury, modemu oraz innych urządzeń. Protokół Telephony Control Specification, który jest protokołem sterowania telefonu, składa się z trzech części: CC (*ang. Call Control*) – nawiązywanie oraz rozwiązywanie połączeń, GM (*ang. Group Management*) – obsługa grupy urządzeń, CL (*ang. ConnectionLess*) – sygnalizacja nie związana z połączeniem. Kolejnym protokołem jest Service Discovery Protocol, jest on związany z poszukiwaniem usług udostępnianych przez pozostałe serwery SDP. Pozostałe protokoły w tej warstwie odpowiadają za współpracę z WAP oraz IrDA. Ostatnia warstwa zawiera protokoły przeznaczone do aplikacji oraz profili [7].

Wszystkie dane w technologii Bluetooth przesyłane są w ramkach. Istnieje kilka typów ramek, a najczęściej wykorzystywana z nich została przedstawiona na rysunku 2.2.

Ramka z rysunku 2.2 składa się z 3 głównych części:

- kodu dostępu (*ang. Acces code*) składającego się z 72 bitów wykorzystywanych w celu identyfikacji i synchronizacji pomiędzy masterem a slawem,
- nagłówka ramki (*ang. Header*) o rozmiarze 54 bitów,
- pola danych (*ang. Date*) zależnego od typu ramki oraz łącza o maksymalnym rozmiarze 2744 bitów.



Rys. 2.2. Ramka danych w systemie Bluetooth [8]

3. PROJEKT UKŁADU STEROWANIA

3.1. Założenia projektowe

Realizowany projekt zdalnego sterowania budynkiem z wykorzystaniem technologii Bluetooth za pomocą urządzenia mobilnego musi spełniać szereg wymagań. Elementy budynku muszą być zdalnie sterowane poprzez technologię Bluetooth. Projekt dotyczył będzie budynku mieszkalnego. W którego skład wchodzić będą: 2 pokoje, kuchnia, łazienka, korytarz oraz garaż. Elementy budynku, którymi można sterować:

- oświetlenie w każdym z pomieszczeń,
- rolety w pokojach,
- brama garażowa,
- wentylator.

Do układu mikroprocesorowego podpięty będzie czujnik temperatury, mierzący temperaturę, a rezultat będzie wyświetlany na wyświetlaczu LCD. Wszystkie elementy muszą być sterowane z jednego układu, aby spełnić ten wymóg w budynku musi znajdować się szafa sterująca z układem mikroprocesorowym, z którego poprowadzone zostaną przewody do oświetlenia, rolet, bramy oraz wentylatora. Nieodłączną częścią projektu jest również stworzenie aplikacji sterującej.

Schemat oraz płytkę PCB zaprojektowano w programie CadSoft EAGLE. Program na mikrokontroler zaimplementowano w programie Eclipse, zaś aplikacja na Androida powstała w środowisku MIT AppInventor Version 2.

3.2. Układ sterujący

Podstawową kwestią w tworzeniu projektu zdalnego sterowanie budynkiem był wybór odpowiedniego mikrokontrolera. Zdecydowano się na wykorzystanie mikrokontrolera Atmega16 firmy AVR Atmel [1, 2]. Pod uwagę brana była cena oraz liczba programowalnych wyjść i wejść, ponieważ w rozpatrywanym budynku potrzeba 7 wyjść poświęconym oświetleniu, 8 wyjść na rolety oraz bramę

garażową, po jednym wyjściu dla wentylatora oraz czujnika temperatury, 2 wyjścia do modułu Bluetooth oraz 6 do wyświetlacza LCD. Konieczne również było wyposażenie mikrokontrolera w szeregowy interfejs USART wykorzystywany do komunikacji z modułem Bluetooth.

Kolejnym kluczowym elementem w projekcie jest moduł komunikacji Bluetooth. Zdecydowano się na moduł Bluetooth HC-05 v2.0 + EDR (*ang. Enhanced Data Rate*) – zwiększony przesył danych do szybkości 2,1 Mb/s. Moduł składa się z układu scalonego BC417143B oraz pamięci Flash, w której zapisany jest program. Z uwagi na fakt, że moduł pracuje na napięciu 3,3 V, konieczne jest zaimplementowanie konwertera napięć, aby transmisja danych przebiegała pomyślnie. HC-05 może pracować zarówno w trybie Master jak i Slave.

Dodatkowo, aby było możliwe sterowanie roletami poprzez sygnał z mikrokontrolera pomiędzy roletami a układem mikroprocesorowym, należy zainstalować układ składający się z triaka oraz optotriaka. W momencie, gdy mikrokontroler wystawi stan niski, układ spowoduje załączenie zasilania na elementy wykonawcze. Układ ten posiada wiele zalet:

- w przeciwieństwie do przekaźnika nie słychać przełączania styków,
- układ zapewni galwaniczne odseparowanie mikrokontrolera od napięcia sieci, dzięki czemu nie zostanie on uszkodzony,
- załączenie triaka występuje w momencie, gdy napięcie zasilania przechodzi przez zero, przez co nie występują dodatkowe zakłócenia w instalacji.

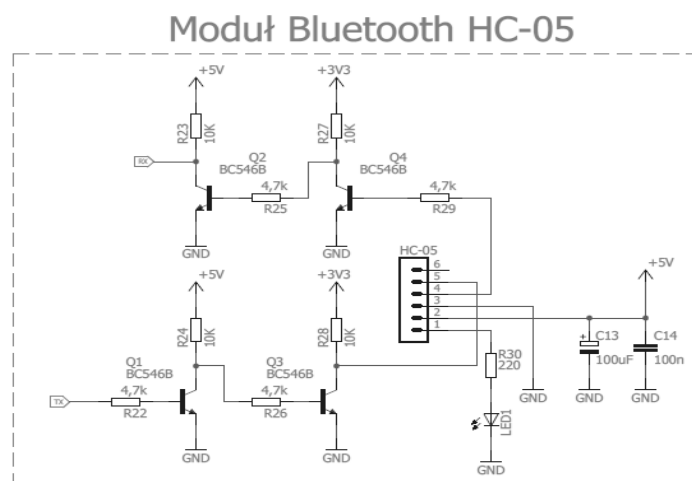
Do projektu został również dobrany silnik do rolet, wentylator oraz silnik do bramy garażowej. Cały układ został podzielony na kilka bloków: zasilanie całego układu, moduł Bluetooth, złącze ISP – KANDA, mikroprocesor oraz silniki z triakiem i optotriakiem.

Wybrany do projektu moduł Bluetooth HC-05 posiada już wlutowane męskie złącze 6-pinowe. Linie transmisji danych RX i TX, które podłączone są do mikrokontrolera muszą być zasilane napięciem o wartości 3,3 V, dlatego konieczne było użycie konwertera napięcia. Zasilanie modułu również jest filtrowane poprzez 2 kondensatory. Schemat pokazano na rysunku 3.1.

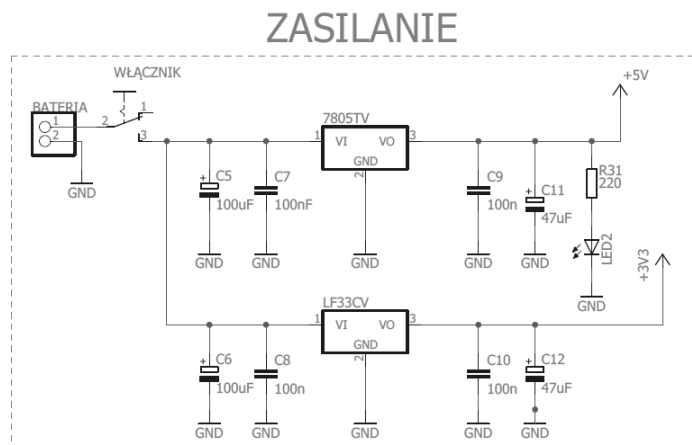
Schemat zasilania został przedstawiony na rysunku 3.2. Blok podzielony jest na 2 poziomy napięć. Wynika to z dwóch czynników: układ mikroprocesorowy powinien być zasilany napięciem stałym o wartości od 4,5 V do 5,4 V, zgodnie z notą katalogową producenta. Natomiast wykorzystany moduł Bluetooth od 3,0 do 4,2 V, jednak zalecane jest zasilanie na poziomie 3,3 V. Aby spełnić powyższe wymagania, zastosowano dwa stabilizatory napięć: LM7805 oraz LF33CV odpowiednio na 5 V i 3,3V. Dodatkowo, w celu poprawnego zasilania, przed stabilizatorami napięcia znajdują się filtry, które mają za zadanie filtrowanie zasilania z sieci.

Na rysunku 3.3 przedstawione jest podłączenie zasilania, wyświetlacza LCD oraz czujnika temperatury DS18B20 do mikrokontrolera ATmega16. Na wyjściu

portów A, C oraz pinu 3 portu B znajdują się etykiety odnoszące się do oświetlenia, rolet, bramy garażowej oraz wentylatora.



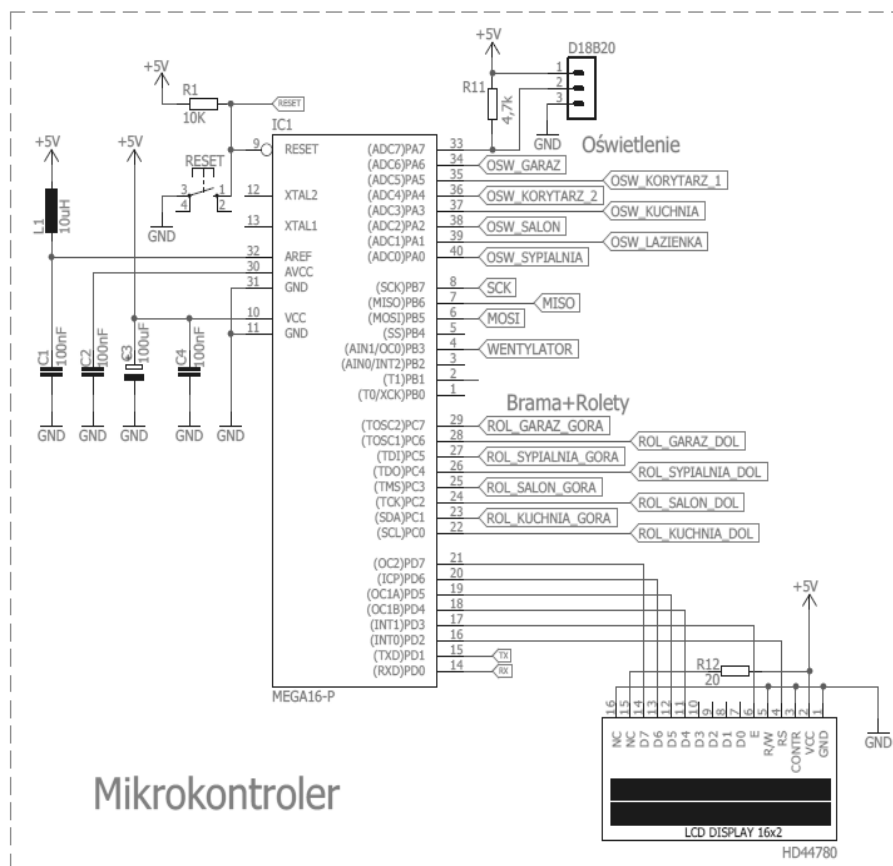
Rys. 3.1. Schemat podłączenia modułu Bluetooth [5]



Rys. 3.2. Schemat zasilania układu [5]

Wyświetlacz LCD został podłączony do portu D mikrokontrolera w czterobitowym trybie sterowania. Tryb ten polega na podłączeniu jedynie 4 pinów wyświetlacza D4-D7 do portu mikrokontrolera, pozostałe piny D0-D3 pozostają niepodłączone. Wyświetlacz został ustawiony w tryb: bez odczytu flagi zajętości, dlatego pin R/W został podłączony do masy.

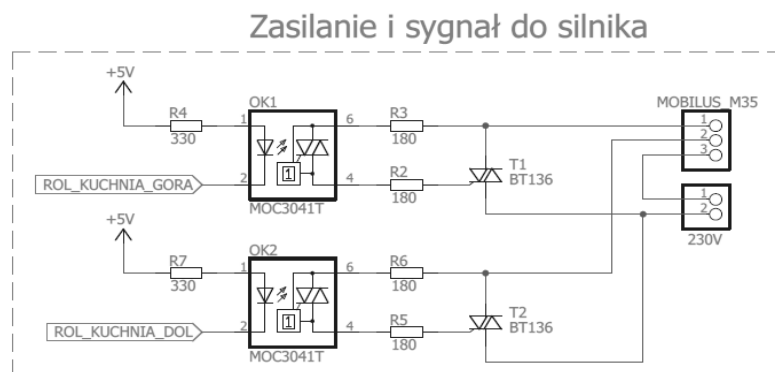
Czujnik temperatury DS18B20 jest to czujnik cyfrowy, wyposażony w interfejs 1-wire. Został podłączony do portu A, pinu 7 mikrokontrolera. Interfejs 1-wire oznacza, że dane przesyłane i odbierane są przy użyciu jednego przewodu.



Rys. 3.3. Schemat podłączenia mikrokontrolera [5]

Na potrzeby zobrazowania sposobu podłączenia silnika do rolet zewnętrznych powstał schemat znajdujący się na rysunku 3.4. Silnik posiada 3 zaciski: neutralny, obroty w lewo i obroty w prawo. Załączanie zasilania realizowane jest przez układ złożony z triaka BT136 i optotriaka MOC3041T.

W celu poprawnego funkcjonowania zaprojektowanego układu sporządzono algorytm sterowania oraz zaimplementowano program sterujący, co opisano szczegółowo w [5].



Rys. 3.4. Schemat układu sterującego [5]

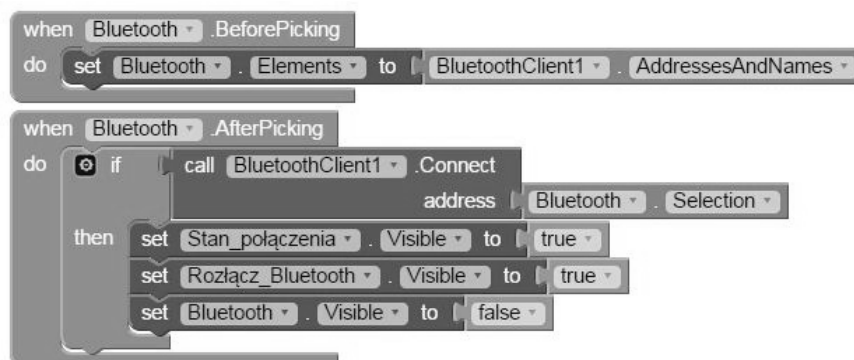
3.3. Aplikacja zdalnego sterowania

Na rys. 3.5 przedstawiono wygląd głównego ekranu aplikacji. Znajdują się tam przyciski: do poruszania się pomiędzy pomieszczeniami, kolejny służący do wyszukiwania i połączenia poprzez Bluetooth oraz do zamknięcia aplikacji.



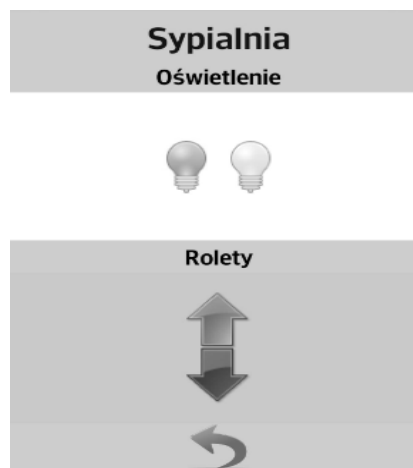
Rys. 3.5. Widok głównego okna aplikacji [5]

Połączenie aplikacji z modułem Bluetooth jest realizowane zgodnie z rys. 3.6.



Rys.3.6. Realizowanie połączenia z modulem Bluetooth [5]

Każde pomieszczenie posiada swój oddzielny panel sterowania, który pojawia się po naciśnięciu przycisku na ekranie głównym. W panelu sterującym znajdują się przyciski, z których w zależności od wyposażenia danego pokoju można sterować roletami, zapalić i zgasić światło oraz uruchamiać wentylator. Panel podzielony jest na segmenty takie jak: oświetlenie, rolety oraz wentylator. Wygląd przykładowego ekranu sterującego został przedstawiony na rysunku 3.7.



Rys. 3.7. Widok panelu sterowania dla Sypialni [5]

Sterowanie polega na wysłaniu znaku ASCII w momencie naciśnięcia przycisku w aplikacji. Mikrokontroler w zależności od odebranego znaku wystawia stan niski na konkretny pin, który powoduje załączenie układu z triakiem i podaniu napięcia na element wykonawczy.

4. PODSUMOWANIE

Wszystkie postawione cele zostały spełnione, układ komunikujący się pomiędzy urządzeniem mobilnym a mikrokontrolerem działa poprawnie. Aplikacja na system Android została przetestowana i w połączeniu napisanym programem na mikrokontroler oraz stworzoną makietą odzwierciedla zaprojektowany system zdalnego sterowania.

Transmisja danych za pomocą Bluetooth, ze względu na parametry, nadaje się do sterowania budynkiem, pod warunkiem, że budynek nie jest zbyt duży, ponieważ odległość transmisji jest ograniczona do ok. 10 m.

Zaprojektowana metoda sterowania budynkiem jest innowacyjna, lecz w zaproponowanym prototypie sterowanie odbywa się wyłącznie z poziomu urządzenia mobilnego, co może zostać w przyszłości zmodyfikowane. Zamieszczony projekt jest wyjściową wersją systemu, który posiada szerokie możliwości rozbudowy, poprzez dodanie kolejnych elementów i ulepszenie aplikacji. Wszystko zależy od potrzeb oraz możliwości finansowych użytkowników danego budynku.

W celu zmodernizowania danego budynku można zmodyfikować układ poprzez dodanie czujników temperatury, obecności, wilgoci, pożaru i wiele innych. W skutek tego mieszkanie mogłoby być bardziej „inteligentne”. Należałoby zaprogramować tzw. sceny, które nadzorowałyby stany czujników odzwierciedlające sytuacje w budynku. Sceny są to instrukcje postępowania dla ściśle określonych warunków. Dodatkowym udogodnieniem byłoby również sterowanie układem centralnego ogrzewania z poziomu urządzenia mobilnego. Do tego celu wystarczy zamontować odpowiednie termostaty lub sterować układem ogrzewania podłogowego również z wykorzystaniem bezprzewodowej transmisji danych w standardzie Bluetooth.

LITERATURA

- [1] Borkowski P., AVR & ARM7. Programowanie mikrokontrolerów dla każdego, Helion, Gliwice, 2010.
- [2] Kardaś M., Mikrokontrolery AVR. Język C – podstawy programowania, Atmel, Szczecin, 2013.
- [3] Miller A., Uwolnij się od kabli. Bluetooth, Wyd. Helion, Gliwice, 2003.
- [4] Niezabitowska E. i inni. Budynek Inteligentny: Tom I, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010.
- [5] Piasecki A., Zdalne sterowanie budynkiem z wykorzystaniem technologii Bluetooth, Praca dyplomowa inżynierska, Politechnika Poznańska, 2016.
- [6] Zieliński B., Bezprzewodowe sieci komputerowe, Wyd. Helion, 2000.
- [7] www.bluetooth.com, 24.01.2016.
- [8] <http://home.agh.edu.pl/~opal/sieci/instrukcje/bt.pdf>, 20.01.2016.

USING BLUETOOTH TECHNOLOGY TO REMOTE CONTROL OF BUILDING

In this paper, references is made to the subject of remote control of certain parts of a residential building via Bluetooth using the mobile device. First, wireless data transmission via Bluetooth is described. Then, the paper deals with the design of the building and the electronic system based on a microcontroller ATmega family that communicates with a mobile devices via Bluetooth wireless data transmission. The project includes lightning, window blinds, a fan and a garage door. The control is based on a system consisting of a triac and on optotriac. In addition, a control application for Android system is created to enable a remote control with a mobile device.

(Received: 17. 02. 2016, revised: 5. 03. 2016)