

Mariusz ŻYCIAK

UNIwersytet Zielonogórski, Instytut Informatyki i Elektroniki

System mikroprocesorowy z komunikacją bezprzewodową w standardzie Bluetooth

Mgr inż. Mariusz Życiak

Mgr inż. Mariusz Życiak urodzony w 1979 roku. W 2004 roku ukończył studia na Wydziale Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego. Obecnie pracuje w Instytucie Informatyki i Elektroniki na Wydziale Elektrotechniki Uniwersytetu Zielonogórskiego. Zainteresowania naukowe koncentrują się w zakresie nowych standardów komunikacji bezprzewodowej oraz systemów mikroprocesorowych.



e-mail: M.Zyciak@iie.uz.zgora.pl

Streszczenie

W artykule opisano mikroprocesorowy system komunikacyjny oparty na standardzie bezprzewodowej transmisji danych Bluetooth. System ten zaprojektowano do celów dydaktycznych laboratorium Instytutu Informatyki i Elektroniki Uniwersytetu Zielonogórskiego. W artykule zawarto opis zaprojektowanego i zbudowanego systemu oraz przedstawiono możliwości opracowanej przykładowej aplikacji.

Słowa kluczowe: Bluetooth, komunikacja bezprzewodowa, system mikroprocesorowy.

Microprocessor system with Bluetooth wireless communication**Abstract**

This paper presents microprocessor communication system, based on wireless data transport Bluetooth. This system is designed for training purposes for Institute of Informatics and Electronic in University of Zielona Góra. The article describes design and ready made system and also presents possibilities of exemplary application.

Keywords: Bluetooth, wireless communication, microprocessor system.

1. Wstęp

Połączenia bezprzewodowe coraz częściej są używane do przesyłania informacji pomiędzy dwoma lub kilkoma urządzeniami. Jednym z wielu takich rozwiązań jest standard Bluetooth [1]. Umożliwia on komunikację głosową i wymianę danych na odległość dochodzącą do 100 m w dowolnym miejscu. Urządzenie wyposażone w standard Bluetooth wykorzystuje do przesyłania i odbierania danych pojedynczy interfejs radiowy oraz fale radio o wysokiej częstotliwości 2,4 GHz. Mały zasięg, a co za tym idzie małe wymiary modułu nadawczo-odbiorczego Bluetooth powodują, że pobór mocy jest niewielki. Efektem takiego założenia jest możliwość stosowania modułów Bluetooth w urządzeniach przenośnych, które są zazwyczaj zasilane bateryjnie. Urządzenia pracujące według standardu Bluetooth, tak jak wszystkie inne technologie bezprzewodowe, umożliwiają realizowanie połączeń pomiędzy dwoma urządzeniami. Standard Bluetooth umożliwia również wykonanie połączenia pomiędzy kilkoma urządzeniami co znacznie rozszerza ich możliwości.

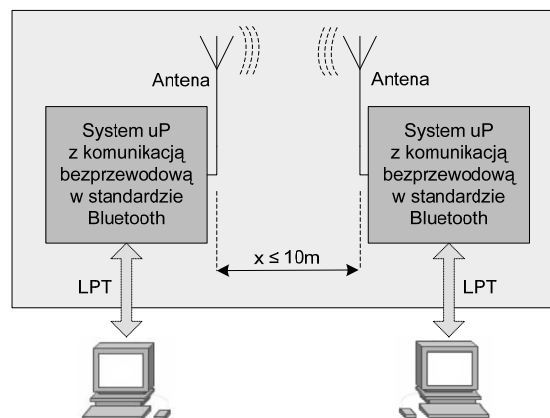
Firmy produkujące moduły Bluetooth oferują swoim klientom zestawy startowe, które umożliwiają zapoznanie się z możliwościami standardu Bluetooth. Firma Ericsson w swojej ofercie ma dwa zestawy: zestaw startowy Bluetooth LPY 111 243 i zestaw ewaluacyjny Bluetooth. Zaletą tych zestawów jest możliwość ich rozbudowy o dodatkowe układy peryferyjne. Dodatkową właściwością zestawów firmy Ericsson jest możliwość komunikacji z modułem Bluetooth poprzez porty szeregowo RS232C, USB (ang. *Universal Serial Bus*) oraz I2C (ang. *Inter Integrated*

Circuit bus). Firma TDK w swojej ofercie prezentuje dwa zestawy: zestaw startowy Blu2i oraz zestaw ewaluacyjny Free2move. Brak możliwości rozbudowy zestawów o dodatkowe komponenty i możliwość komunikacji z modułem Bluetooth tylko poprzez port szeregowo RS232C znacznie ogranicza zastosowanie zestawów firmy TDK. Wysoka cena przedstawionych zestawów jest przeszkodą w wykorzystaniu tych narzędzi do celów dydaktycznych.

Rozwój technologii bezprzewodowych wiąże się z modernizacją programu nauczania studentów. W związku z powyższym podjęta została decyzja o opracowaniu i wykonaniu systemu mikroprocesorowego z komunikacją bezprzewodową w standardzie Bluetooth do celów laboratoryjnych. Zaprojektowany i zbudowany system mikroprocesorowy został wyposażony w odpowiednie oprogramowanie, które umożliwia testowanie i prezentację podstawowych funkcji standardu Bluetooth. Przykładowe oprogramowanie, które zostało opracowane umożliwia przesyłanie ciągu znaków pomiędzy dwoma systemami mikroprocesorowymi.

2. Opis stanowiska laboratoryjnego

Na rys. 1 przedstawiono przykładową strukturę stanowiska laboratoryjnego, które umożliwia komunikację w standardzie Bluetooth pomiędzy dwoma systemami mikroprocesorowymi. Stanowisko to składa się z dwóch systemów mikroprocesorowych, których moduły nadawczo-odbiorcze Bluetooth są oddalone od siebie o odległość, która może wynosić maksymalnie 10 m. Odległość pomiędzy systemami może zostać zwiększona poprzez wymianę zastosowanych modułów.



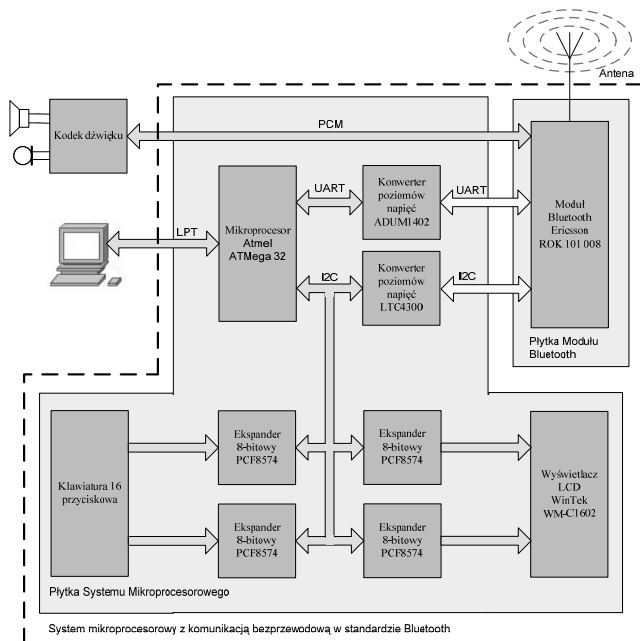
Rys. 1. Przykładowa struktura stanowiska laboratoryjnego
Fig. 1. Block schema of laboratory

Każdy z systemów mikroprocesorowych jest połączony poprzez równoległy port LPT z komputerem klasy PC, który umożliwia zapis programu do pamięci programu mikroprocesora. Połączenie trzech lub więcej systemów mikroprocesorowych umożliwia budowę pikosieci, wtedy wymiana danych możliwa jest pomiędzy kilkoma systemami mikroprocesorowymi.

3. Struktura systemu mikroprocesorowego

Na rys. 2 został przedstawiony schemat blokowy systemu mikroprocesorowego, który składa się z systemu mikroprocesorowego oraz z urządzeń peryferyjnych. Do urządzeń peryferyjnych możemy zaliczyć: komputer klasy PC i dodatkowe układy zewnętrzne.

Dodatkowe układy zewnętrzne stosowane są w zależności od funkcji jakie ma pełnić dany system mikroprocesorowy (np. kodek audio, który będzie umożliwiał nadawanie i odbiór sygnałów dźwiękowych). System mikroprocesorowy składa się z płytki systemu mikroprocesorowego i z płytki modułu Bluetooth. Płytkę modułu Bluetooth zawiera moduł Bluetooth oraz antenę, która jest wykonana jako obwód drukowany. Zastosowany moduł Bluetooth jest zgodny z specyfikacją Bluetooth w wersji 1.1.



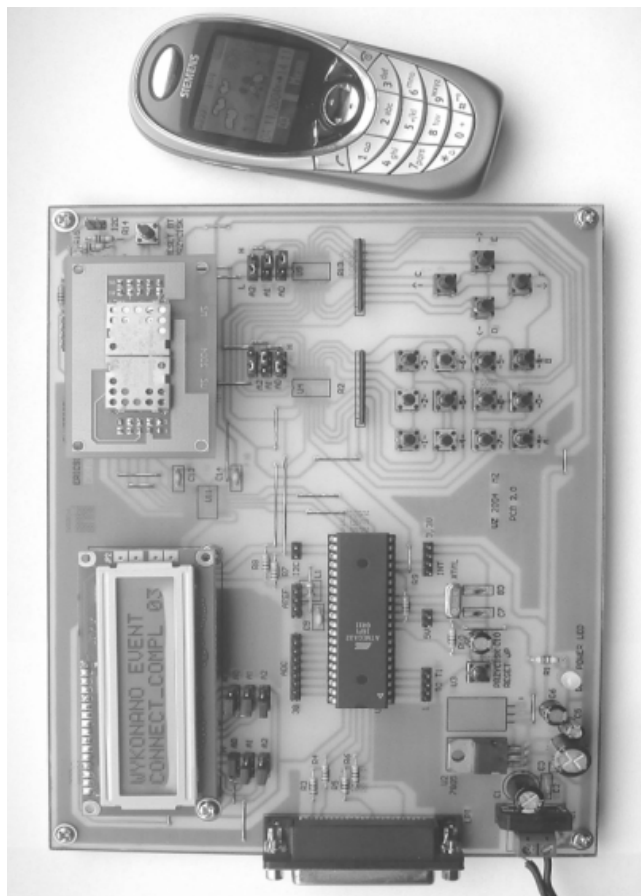
Rys. 2. Schemat blokowy systemu mikroprocesorowego
Fig. 2. Block schema of microprocessor system

System mikroprocesorowy z komunikacją bezprzewodową w standardzie Bluetooth składa się z:

- mikroprocesora ATmega32 [2] firmy Atmel. Mikroprocesor ATmega32, posiada 32KB pamięci programu oraz 2KB pamięci danych. Zastosowanie zegara taktującego mikroprocesor z częstotliwością 18,432MHz umożliwia uzyskanie minimalnej prędkości pracy portu szeregowego UART (ang. *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) niezbędnej do komunikacji z modułem Bluetooth,
- modułu Bluetooth ROK 101 008 [3] firmy Ericsson, który charakteryzuje się dużą ilością standardów portów wejścia-wyjścia oraz małym poborem prądu. Moduł ROK 101 008 umożliwia komunikację z systemem mikroprocesorowym za pomocą portów takich jak: UART, I2C oraz PCM (ang. *Pulse Code Modulation*). Wybrany moduł jest klasy B co oznacza, że zasięg łączności z innymi urządzeniami jest ograniczony sferą o promieniu 10m,
- konwertera poziomów napięć ADUM1402[4] firmy Analog Devices, który dokonuje konwersji sygnałów portu szeregowego UART ze standardu TTL5V na TTL3,3V i na odwrót,
- konwertera poziomów napięć LTC4300[5] firmy Linear Technology, który dokonuje konwersji sygnałów portu szeregowego I2C ze standardu TTL5V na TTL3,3V i na odwrót,

- ekspanderów 8 bitowych PCF8574 [6] firmy Texas Instruments, które zwiększają ilość linii danych o 4 dwukierunkowe porty 8-bitowe. Zastosowanie ekspanderów 8 bitowych zmniejsza wykorzystanie linii mikroprocesora ATmega32,
- klawiatury składającej się z 16 przycisków,
- wyświetlacza LCD WM-C1602 [7] firmy Wintek (2 linie po 16 znaków)

Układem sterującym pracą modułu Bluetooth jak i pracą układów pomocniczych jest mikroprocesor firmy Atmel ATmega32. W skład układów pomocniczych wchodzi cztery układy PCF8574 [6] ekspanderów 8-bitowych, które są sprzężone z mikroprocesorem Atmel ATmega32 za pomocą magistrali I2C. Dwa układy PCF8574 służą do odczytu stanów klawiszy. Pozostałe dwa układy PCF8574 sterują pracą wyświetlacza LCD WinTek WM-C1602. Płytkę Modułu Bluetooth połączona jest za pomocą złącza modułu Bluetooth z płytką modułu systemu mikroprocesorowego. Mikroprocesor komunikuje się za pomocą portu szeregowego UART z modułem Bluetooth. Ponieważ mikroprocesor pracuje w standardzie napięć TTL 5V, a moduł Bluetooth w standardzie napięć TTL 3,3V, pomiędzy nimi został zastosowany układ ADuM1402 [7], który realizuje funkcję dwukierunkowego konwertera poziomów napięć. Mikroprocesor Atmel ATmega32 może komunikować się z modułem Bluetooth Ericsson ROK 101 008 za pomocą magistrali I2C. Pomiedzy układami mikroprocesora i modułu Bluetooth zastosowano dwukierunkowy konwerter poziomów napięć (TTL 3,3V i TTL 5V) magistrali I2C. Na rys. 3 został przedstawiony system mikroprocesorowy z komunikacją bezprzewodową w standardzie Bluetooth.

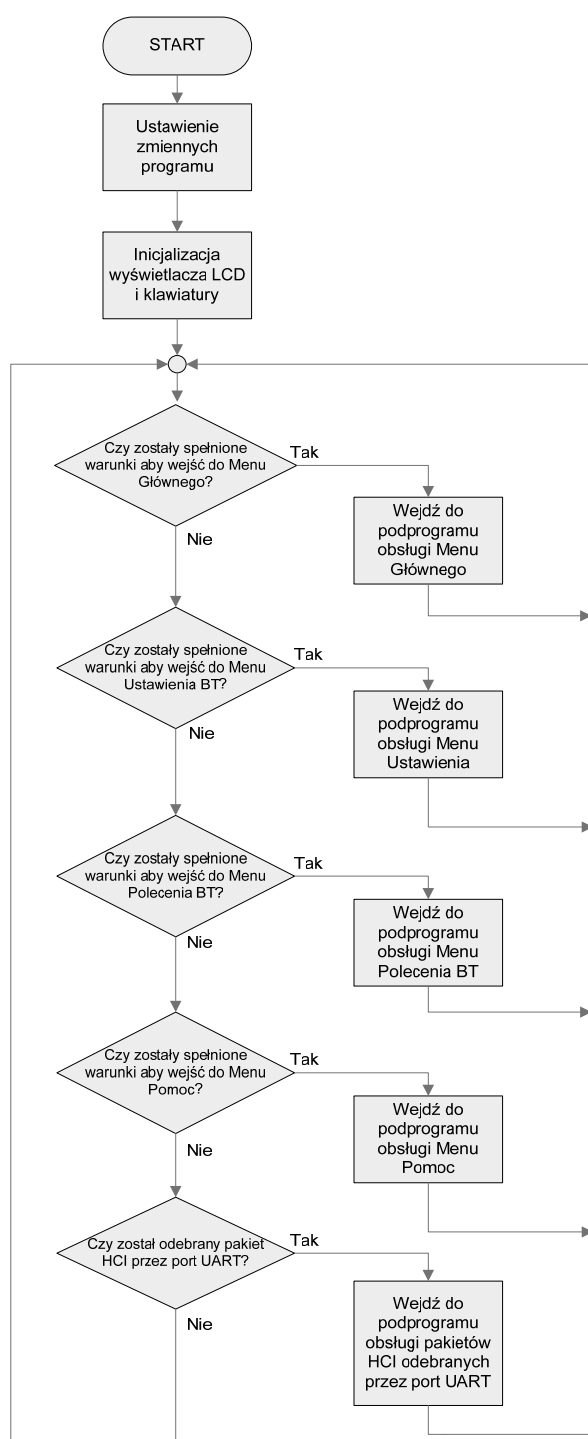


Rys. 3. System mikroprocesorowy
Fig. 3. Microprocessor system

4. Oprogramowanie

Dla zaprojektowanego systemu mikroprocesorowego został opracowany program komunikatora Bluetooth dla mikroprocesora Atmel ATmega32 w języku assembler. Program umożliwia wykonanie podstawowej konfiguracji modułu Bluetooth i realizację połączenia pomiędzy dwoma systemami mikroprocesorowymi. System mikroprocesorowy może nawiązywać połączenie w standardzie Bluetooth z dowolnym urządzeniem wyposażonym w ten standard transmisji bezprzewodowej (rys. 3).

Na rys. 4 przedstawiony został algorytm programu głównego komunikatora Bluetooth.



Rys. 4. Algorytm programu głównego
Fig. 4. Algorithm of main program

Po ustawieniu parametrów programu następuje inicjalizacja wyświetlacza LCD oraz klawiatury systemu mikroprocesorowego. W następnym kroku program dokonuje sprawdzenia pięciu warunków, które dotyczą obsługi poszczególnych części menu głównego oraz obsługi podprogramu, który informuje użytkownika o odebranych pakiecie HCI (ang. *Host Controller Interface*) przez port szeregowy mikroprocesora. Jeżeli jeden z warunków zostanie spełniony to następuje uruchomienie odpowiedniego podprogramu. Sprawdzanie warunków programu głównego odbywa się w ciągłej pętli. Podstawowym zadaniem programu komunikatora jest wysyłanie tekstu z jednego systemu mikroprocesorowego do drugiego systemu. Tekst wprowadzany jest przez użytkownika za pomocą klawiatury systemu mikroprocesorowego i wyświetlany jest na wyświetlaczu LCD. Menu programu zostało podzielone na trzy części:

- ustawienia Bluetooth, które umożliwiają:
 - deklarację komendy HCI, podgląd odebranego pakietu HCI,
 - wpisanie i odczytanie tekstu przesyłanego,
 - podgląd wyszukanych adresów fizycznych MAC i nazw poszczególnych urządzeń znalezionych w danej sieci,
 - zmianę nazwy i podgląd adresu MAC modułu Bluetooth,
 - zmianę trybu pracy obsługiwanego systemu mikroprocesorowego. Dostępne są dwa tryby pracy Master i Slave.
- polecenia Bluetooth. W programie zostały zdefiniowane podstawowe polecenia HCI Bluetooth takie jak: Write Scan Enable, Inquiry, Inquiry Cancel, Set Event Filter, Connection Create, ACL Send Data, Disconnect i Reset. W tej części dostępne polecenia są uzależnione od wybranego trybu pracy obsługiwanego urządzenia.
- pomoc, która wyświetla informacje o obsłudze poszczególnych funkcji programu.

W programie została uwzględniona dynamiczna obsługa zdarzeń standardu Bluetooth, które mogą być wysyłane przez urządzenie lub urządzenia będące w zasięgu.

5. Podsumowanie

W zaprojektowanym systemie mikroprocesorowym możliwa jest komunikacja z zastosowanym modułem Bluetooth przez porty szeregowy RS232C i I2C oraz przez port PCM. Zaletą zbudowanego systemu jest niski koszt zastosowanych podzespołów. Wykonany system mikroprocesorowy został przetestowany i umożliwia on wykonanie połączenia w standardzie Bluetooth pomiędzy drugim takim systemem oraz z innym urządzeniem takim jak: telefon komórkowy firmy: Siemens, Sony Ericsson, oraz kalibrator firmy MTE model PCS400.3.

6. Literatura

- [1] Bluetooth Special Interest Group: Specification of the Bluetooth System, Bluetooth Special Interest Group 2003,
- [2] Atmel: ATmega32, Atmel Corporation 2002.
- [3] Ericsson Microelectronics: ROK 101 008 Bluetooth Module, Ericsson Microelectronics 2001.
- [4] Analog Devices: ADuM1402, Analog Devices 2004.
- [5] Linear Technology: LTC4300, Linear Technology 2004.
- [6] Texas Instruments: PCF8574, Texas Instruments 2004.
- [7] Wintek: WM-C1602, Wintek Corp. 2001.