

# Moduły ZigBee i Bluetooth

*Wbrew chyba najważniejszemu z obecnych w elektronice trendów, postęp technologiczny w dziedzinie modułów komunikacyjnych pracujących zgodnie ze standardami Bluetooth i ZigBee nie koncentruje się na zwiększaniu prędkości transmisji. Twórcy omawianych technologii postanowili oddać pole w dziedzinie przepustowości szybszym interfejsom, takim jak np. Wi-Fi i skoncentrować się na innej, również ważnej dziedzinie – na oszczędzaniu energii. W artykule prezentujemy przykładowe, wybrane przez nas nowe moduły M2M pracujące w oparciu o różne odmiany standardów Bluetooth i ZigBee.*

Starając się porównać ze sobą dostępne na rynku moduły do komunikacji M2M, konieczne jest ograniczenie się do wybranej podgrupy produktów tego typu. Wiele z nich jest bowiem tworzonych z myślą o zupełnie innych aplikacjach i dlatego zestawianie ich wszystkich obok siebie byłoby nieostrożne. Z tego względu postanowiliśmy ograniczyć się tylko do dwóch technologii: Bluetooth i ZigBee, które opisaliśmy niezależnie od siebie. Po drugie, celem skrócenia tego zestawienia, ograniczyliśmy się do modułów pracujących na częstotliwości 2,4 GHz. Na rynku dostępne są też liczne inne moduły, które pracują na niższych częstotliwościach lub z wykorzystaniem autorskich protokołów komunikacyjnych. Opisujemy je w osobnych artykułach.

## Bluetooth – różnice

Zasadnicze różnice pomiędzy modułami Bluetooth wynikają przede wszystkim z przeznaczenia, z myślą o którym porównywane produkty zostały zaprojektowane. Przeznaczenie to ma swoje odzwierciedlenie przede wszystkim w klasie urządzenia oraz zaimplementowanych profilach. Klasa ogranicza moc nadawczą modułu, a więc i jego zasięg. Profile opisują rodzaje danych i sposoby ich przenoszenia obsługiwane przez dany moduł. Pomimo, że cechy te mają diametralne znaczenie dla użyteczności modułu, wielu producentów tworzy produkty w kilku odmianach różniących się między sobą np. tylko i wyłącznie klasą (a więc i mocą nadawczą oraz zasięgiem) lub profilami. Wszystkie pozostałe parametry modułu są identyczne dla każdej z oferowanych wersji. Co więcej, profile nierzadko można zmodyfikować poprzez podmianę firmware. Oczywiście istnieją też moduły specjalizowane, np. wyposażone w wysokiej jakości układy do przetwarzania sygnałów audio.

Trzecią cechą pod względem ważności jest wspierana wersja standardu Bluetooth. Jest to o tyle ciekawe, że kolejne edycje stan-

dardu nie wypierają tych poprzednich, a co więcej różnice pomiędzy nimi wcale nie są duże. Warto dodać, że wiele istotnych nowości opracowywanych przez konsorcjum rozwijające omawiany standard wprowadzanych jest jako rozszerzenia, których implementacja nie jest konieczna. Dotyczy to przede wszystkim rozszerzenia EDR (Enhanced Data Rate), które pojawiło się przy okazji wersji BT 2.0 i zwiększa szybkość transmisji do ok. 2,3 Mb/s oraz Low Energy opracowanego wraz z najnowszym BT 4.0. Nie wszyscy producenci implementują obsługę tych rozszerzeń, a nawet nie wszyscy dążą do modernizacji oferowanych produktów w taki sposób, by całe portfolio było zgodne z BT 4.0.

W efekcie, różnice pomiędzy poszczególnymi, podobnymi do siebie modułami Bluetooth sprowadzają się do takich aspektów, jak: obsługiwana wersja standardu, wymiary, temperatury pracy, złącze antenowe i wbudowana antena, czułość oraz pobierana moc.

## Profile Bluetooth

Nazwy profili Bluetooth w tabeli zostały zapisane w postaci skrótów. Im więcej profili obsługuje dany moduł, tym bardziej jest uniwersalny. Poniżej przedstawiamy listę profili i skrótów im odpowiadających.

**Advanced Audio Distribution Profile (A2DP)** – profil opisujący jednokierunkowy przesył wysokiej jakości sygnału audio.

**Attribute Profile (ATT)** – profil przygotowany na potrzeby standardu Bluetooth Low Energy.

**Audio/Video Remote Control Profile (AVRCP)** – profil do obsługi urządzeń działających jako piloty zdalnego sterowania sprzętem RTV.

**Basic Imaging Profile (BIP)** – profil obsługujący przesyłanie obrazów pomiędzy urządzeniami.

**Basic Printing Profile (BPP)** – profil służący do wygodnego przesyłania tekstu do wydrukowania.

**Common ISDN Access Profile (CIP)** – profil obsługujący usługi ISDN.

**Cordless Telephony Profile (CTP)** – profil do obsługi bezprzewodowych słuchawek telefonicznych.

**Device ID Profile (DIP)** – profil umożliwiający zaawansowaną identyfikację urządzenia.

**Dial-up Networking Profile (DUN)** – profil umożliwiający korzystanie za pośrednictwem Bluetooth z połączeń wdzwanianych.

**Fax Profile (FAX)** – profil umożliwiający komunikację pomiędzy telefonem a oprogramowaniem komputerowym pełniącym funkcję faksu.

**File Transfer Profile (FTP)** – profil pozwalający na przeglądanie i wykonywanie operacji na plikach na urządzeniu zdalnym podłączonym przez Bluetooth.

**Generic Audio/Video Distribution Profile (GAVDP)** – profil wymagany do implementacji profili A2DP i VDP.

**Generic Access Profile (GAP)** – profil opisujący sposób wzajemnego wykrywania się urządzeń Bluetooth i nawiązywania połączenia pomiędzy nimi.

**Generic Attribute Profile (GATT)** – profil przygotowany na potrzeby Bluetooth Low Energy. Pozwala na przekazywanie informacji o urządzeniu.

**Generic Object Exchange Profile (GOEP)** – jeden z podstawowych profili opisujących sposób wymiany informacji pomiędzy urządzeniami.

**Hard Copy Cable Replacement Profile (HCRP)** – profil ten opisuje sposób łączenia urządzenia z drukarką, ale nie definiuje szczegółów poleceń i przesyłu informacji.

**Health Device Profile (HDP)** – profil przygotowany z myślą o wymianie danych z urządzeniami medycznymi.

**Hands-Free Profile (HFP)** – profil służący do tworzenia samochodowych zestawów głośnomówiących dla telefonów. Ma dodatkowe funkcje w porównaniu do Headset Profile.

**Human Interface Device Profile (HID)** – profil przygotowany do obsługi urządzeń wejścia takich jak: klawiatury, myszki, kontrolery gier, itp.

**Intercom Profile (ICP)** – profil ten służy do bezpośredniej, dwukierunkowej komunikacji audio pomiędzy dwoma urządzeniami Bluetooth.

**LAN Access Profile (LAP)** – profil pozwalający korzystać z połączenia Bluetooth jako mostka do sieci LAN.

**Message Access Profile (MAP)** – profil umożliwiający wymianę krótkich wiadomości.

Tabela 1.

Firma	Amber Wireless	Amber Wireless	Free2Move	BlueGiga	Rayson	Rayson	Flaircomm
Model	AMB2300	AMB2620	F2M03MLA-S03	WT12	BTM-220	BTM-750	BLU-BTM403A
Standard BT	BT 2.0	BT 4.0 LE	BT 2.0	BT 2.1 + EDR	BT 2.0 + EDR	BT 2.0 + EDR	BT 2.1 + EDR
Klasa	2	b.d.	1	2	1	2	1
Profile	SPP, GAP, sDAP, DUN, FAX, FTP, HSP, HFP, OPP, SYNC, BIP, BPP	GAP, GATT, L@CAP, SMP	Wireless Audio Headset, HSP, HFP, A2DP, AVRCP, SPP, HCI, DUN, OPP, HID	SPP, OBEX OPP, OBEX FTP, DUN, HID, AVRCP, HFP, HSP, PBAP, HDP, DI, iAP, BGIO	HCI, SPP	HSP, HFP, A2DP, AVRCP	SPP, DUN, HDP
Zasięg [m]	20	50 m lub 80 m	150	50	b.d.	b.d.	300
Wymiary [mm]	27,5×16,0×3,5	17×27,5×4	18,5×13,2×2,0	26×14×2,4	28,2×15×2,8	16×15×2	35,3×14,0×2,5
Masa [g]	<2	<3	1,2	b.d.	b.d.	b.d.	2
Napięcie zasilania [VDC]	2,9–3,6	2,0–3,6	3,1–3,6	3,2–3,4	2,7–3,6	b.d.	2,7–3,6
Pobierana moc lub prąd	typ. 65 mA	typ. 25–35 mA	b.d.	7–60 mA	b.d.	b.d.	typ. 22 mA
Moc nadawcza	0 dBm	4 dBm	8 dBm	3 dBm	18 dBm	4 dBm	17 dBm
Czułość	-80 dBm	-93 dBm	-81 dBm	-83 dBm	b.d.	b.d.	-84 dBm
Zintegrowana antena	tak, ceramiczna	tak/nie	tak	tak	nie	nie	tak
Temperatury pracy [C]	od -20 do +70	od -40 do +85	od -40 do +85	od -40 do +85	b.d.	b.d.	od -40 do +85
Interfejsy	PCM, UART, GPIO	UART, SPI, USB, GPIO	I <sup>2</sup> S, SPDIF, 13-bitowy PCM, 8 cyfrowych I/O, 8-bitowe analogowe wyprowadzenie, UART/USB i opcjonalnie I <sup>2</sup> C	PCM, UART, USB 2.0 Device, SPI, 6×GPIO	USB, UART, PCM	PCM, I <sup>2</sup> S, SPDIF, USB, UART	PCM, AIO, SPI, PIO, UART, USB

ści tekstowych pomiędzy dwoma urządzeniami Bluetooth.

**Object Push Profile (OPP)** – pozwala na przesyłanie obiektów, takich jak np. pliki graficzne, pomiędzy urządzeniami, przy czym transfer zawsze jest wymuszany przez nadawcę a nie odbiorcę.

**Personal Area Networking Profile (PAN)** – profil umożliwiający enkapsulację Bluetooth w warstwie trzeciej (wg OSI).

**Phone Book Access Profile (PBAP, PBA)** – profil stworzony po to, by ułatwić wymianę listy kontaktów pomiędzy urządzeniami Bluetooth.

**Serial Port Profile (SPP)** – profil ten umożliwia emulację portu szeregowego, dzięki czemu pozwala w prosty sposób zastąpić interfejs RS-232.

**Service Discovery Application Profile (SDAP)** – profil opisujący sposób wykrywania usług dostępnych na zdalnym urządzeniu Bluetooth.

**SIM Access Profile (SAP, SIM, rSAP)** – profil ten opisuje sposób korzystania z danych zgromadzonych na kartach SIM innych urządzeń Bluetooth. Ma on zastosowanie np. w przypadku, gdy w pojeździe zamontowany jest nadajnik i odbiornik GSM, ale korzysta on z karty SIM w telefonie kierowcy.

**Synchronization Profile (SYNCH)** – profil służący do synchronizacji informacji takich jak: terminy spotkań, rocznice, plany zadań i kontakty.

**Video Distribution Profile (VDP)** – profil ten opisuje sposób przesyłania strumienia wideo przez łącze Bluetooth.

**Wireless Application Protocol Bearer (WAPB)** – profil ten umożliwia przekazywanie pakietów WAP (Wireless Application Protocol) przez łącze Bluetooth.

### Moduły Bluetooth

Poniżej opisujemy wybrane moduły Bluetooth dostępne obecnie w ofercie polskich dostawców.

#### Amber Wireless AMB2300

Moduł ten nosi też nazwę BlueNiceCom IV i stanowi kompletne, zintegrowane rozwiązanie zarówno do przesyłania danych, jak i sygnału audio przez interfejs Bluetooth. Może obsługiwać połączenia punkt-punkt i punkt-wielopunkt z transferem o szybkości do 704 kb/s. Wbudowana pamięć pozwala jednocześnie utrzymywać 7 połączeń danych (ACL) i jedno połączenie audio (SCO). Konfigurację AMB2300 wykonuje się poprzez połączenie przewodowe. Standardowo w module tym zaimplementowane są profile SPP, GAP i SDAP. Pozostałe wymienione w tabeli są również obsługiwane ale wymagają współpracy z zewnętrznym mikrokontrolerem.

Producent oferuje także zestaw ewaluacyjny AMB2300-EV, w skład którego wchodzi omawiany moduł.

#### Amber Wireless AMB2620

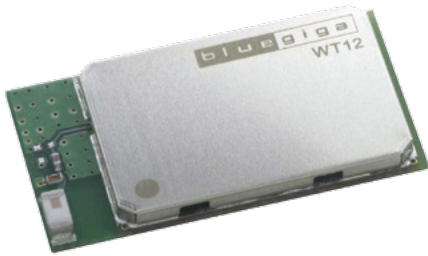
To niewielki moduł przeznaczony do montażu powierzchniowego. Zawiera nowoczesny, bardzo czuły odbiornik (do -93 dBm) oraz nadajnik o mocy 4 dBm.

Moduł zawiera wydajny mikrokontroler, który umożliwia komunikację poprzez interfejsy UART i SPI oraz ma wbudowany timer, przetwornik analogowo-cyfrowy oraz liczne tryby oszczędzania energii. Moduł ten wspiera standard Bluetooth Low Energy, wskazuje poziom odbieranego sygnału (RSSI – Received Signal Strength Indication) oraz obsługuje szyfrowanie AES-128. Jest przeznaczony do zastosowań w medycynie, urządzeniach sportowych, inteligentnych miernikach, automatyce przemysłowej, systemach rozrywkowych i bezpieczeństwa oraz w motoryzacji. Dzięki niewielkim rozmiarom i niskiemu zużyciu energii dobrze sprawdza się w systemach zasilanych bateryjnie. W trybie Low Power 1 pobiera poniżej 300 µA prądu, a w Low Power 2 nawet mniej niż 2 µA. Producent oferuje omawiany moduł w trzech odmianach:

- AMB2620 – ze zintegrowaną anteną ceramiczną,
- AMB2620-1 z wyprowadzeniem antenowym w postaci padu,
- AMB2620-2 ze złączem antenowym U.FL.

#### BlueGiga WT12

Jest to nowoczesny moduł Bluetooth 2.1 + EDR klasy drugiej. Został zaprojektowany tak, by maksymalnie uprościć korzystanie z interfejsu Bluetooth. W tym celu zaimplementowano w nim oprogramowanie iWRAP, które umożliwia posługiwanie się komendami w formacie ASCII, przesyłanymi przez interfejs szeregowy. Alternatywnie możliwe jest skorzystanie z firmware HCI (Standard



Host Command Interface), które pozwala na obsługę stosu ZigBee w zewnętrznym mikrokontrolerze podłączonym do modułu przez interfejs UART lub USB.

WT12 jest przeznaczony do instalacji w zautomatyzowanych punktach sprzedaży, terminalach płatniczych i czytnikach kodów kreskowych, maszynach telemetrycznych, systemach logistycznych oraz urządzeniach medycznych i sportowych, jak również w różnego rodzaju przenośnej elektronice użytkowej. Producent oferuje zestaw ewaluacyjny EKWT12-A oraz udostępnia środowisko deweloperskie BlueLab Professional SDK a także projekty referencyjne dla aplikacji HCI, audio i prostego zamiennika połączenia przewodowego.

Istnieją trzy odmiany WT12, które różnią się wbudowanym firmwarem:

- WT12-A-AI - firmware iWRAP,
- WT12-A-HCI - firmware HCI (dla USB),
- WT12-A-C - własny, nietypowy firmware.

### Flaircomm BLU-BTM403A

Moduł ten znany jest również pod starszą nazwą FLC-BTMDC748A i stanowi niewielkie, rozwiązanie pozwalające na prostą implementację komunikacji Bluetooth klasy 1 lub klasy 2 (w jednej z odmian modułu). BMT403 mogą być obsługiwane z użyciem poleceń AT# opracowanych przez Flaircomm. Moduły te są przeznaczone do zastępowania komunikacji przewodowej, do instalacji w czytnikach kodów kreskowych i skanerach RFID, w urządzeniach medycznych, komputerach i czujnikach przemysłowych oraz w systemach pomiarowych.

Moduł dostępny jest w trzech odmianach:

- BTM403A - pracuje w klasie 1 i ma moc nadawczą 17 dBm z wielowarstwową anteną ceramiczną,
- BTM403B - pracuje w klasie 1 i ma moc nadawczą 17 dBm ze złączem antenowym UFL,
- BTM403C - pracuje w klasie 2 i ma moc nadawczą 4 dBm z wielowarstwową anteną ceramiczną.

### Free2move F2M03MLA-S03

Moduł ten ma wbudowany wzmacniacz stereofoniczny i 32-bitowy procesor sygnałowy, w związku z czym jest przeznaczony głównie do aplikacji multimedialnych. Po-



zwala na realizację takich algorytmów jak np. dekodowanie strumienia MP3 i zaawansowane usuwanie pogłosu. Niski pobór mocy oraz zintegrowana antena o dookólnej charakterystyce sprawiają, że omawiany moduł nadaje się również do aplikacji przenośnych, zasilanych bateryjnie. Moduł może działać praktycznie niezależnie, sterowany jedynie przyciskami lub w powiązaniu z mikrokontrolerem - za pomocą prostego zestawu poleceń. Standardowo moduł wyposażony jest w firmware obsługujący profile Headset, HandsFree, A2DP, AVRCP i SPP, ale możliwe jest też wgranie oprogramowania z profilami HCI, SPP, DUN, OPP i HID. Oprócz typowych urządzeń audio, takich jak np.: słuchawki stereofoniczne i zestawy głośnomówiące, moduł F2M03MLA znajdzie także zastosowanie w systemach medycznych, przemysłowych i w czujnikach.

REKLAMA

# CONTRANS TI

SAURIS GmbH

## SAU-510 USB

- emulator klasy XDS510
- TMS320, DaVinci, C2000
- ARM-Cortex, OMAP, Sitara
- ISO Plus - model z izolacją galwaniczną



Elprotronic

## FlashPro430

- najszybszy emulator/programator do MSP430
- FlashPro2000 - programator do TMS320C2000
- FlashProCC - programator do układów radiowych serii CC



LaunchPad™

- najtańszy i najszybszy start z MSP430
- emulator USB na pokładzie

CONTRANS TI Sp. z o.o.

# Narzędzia do procesorów

TEXAS INSTRUMENTS

## PEŁNA GAMA NARZĘDZI

TEXAS INSTRUMENTS

SAURIS GmbH

Stellaris®

LaunchPad™

DaVinci™

Sitara™



Kupuj w Contrans Presto



ul. Polanowicka 66, 51-180 Wrocław,  
tel. 071/325-26-21...24, fax 071/325-44-39,  
e-mail: contrans@contrans.pl http://www.contrans.pl



Tabela 2.

Firma	Amber Wireless	Atmel	Aurel	Telegesis	Radiocrafts	Telit
Model	AMBZ420-x	ATZB-24-B0/A2	XTR-ZB1-xLI	ETRX357	RC240HP-ZNM	ZE61-2.4
Stos	ZigBee PRO	ZigBee PRO	b.d.	EmberZNet ZigBee	ZigBee Pro	ZigBee PRO
Zasięg [m]	250/400	b.d.	b.d.	b.d.	2500	4000
Moc nadawcza	4,5 dBm	3 dBm	0 dBm	3/8 dBm	20 dBm	20 dBm
Czułość odbiornika	-97 dBm	-101 dBm	-92 dBm	-102 dBm	-99 dBm	-100 dBm
Napięcie zasilania [V]	2,0-3,6	1,8-3,6	2,0-3,6	2,1-3,6	b.d.	2,0-3,6
Pobierana moc/prąd	do 35-50 mA	18-19 mA	28-33 mA	typ. 25-31 mA	170 mA (transmisja)	150 mA (transmisja)
Wymiary [mm]	17×27,5×4	18,8×13,5×2,0	35×25	25×19×3,8	12,7×25,4×3,5	26×15×3
Masa [g]	<3	1,3	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Temperatury pracy [C]	od -40 do +85	od -40 do +85	b.d.	od -40 do +85	b.d.	od -40 do +85
Zintegrowana antena	tak	w wersji A2	tak	tak	nie	opcjonalnie

Oprócz samego modułu, producent oferuje też wersję z dodatkowymi wyprowadzeniami (F2M02MLA-S03-K) oraz zestaw ewaluacyjny F2M03M-KIT-1.

### Rayson BTM-220

Jest to nieduży moduł pracujący w standardzie Bluetooth 2.0 + EDR. Cechuje się dużą mocą nadawczą (do 18 dBm) i może zarówno przesyłać dane, jak i sygnał audio. Jest przeznaczony przede wszystkim do instalacji w notebookach i komputerach PC oraz we wszelkiego rodzaju urządzeniach mobilnych, takich jak palmtopy, smartfony, proste telefony komórkowe i tablety. Znajduje też zastosowanie w zestawach słuchawkowych, cyfrowych aparatach fotograficznych, drukarkach, urządzeniach GPS oraz czytnikach kodów kreskowych. Opcjonalnie możliwe jest wgranie firmware z profilami HCI i SPP.



### Rayson BTM-730

Jest to moduł przeznaczony głównie do aplikacji audio. Pracuje w standardzie BT 2.0 + EDR, w klasie drugiej. Ma wbudowany ko-procesor DSP (Kalimba) i 16-bitowy stereofoniczny układ audio z przetwornikiem cyfrowo-analogowym o stosunku sygnał-szum równym 95 dB. Ponadto w skład modułu wchodzi regulator napięcia i układ ładowania akumulatorów oraz 8 MB pamięci Flash.

Dzięki możliwości implementacji zaawansowanych algorytmów przetwarzania sygnałów, BTM-730 znajduje zastosowanie w wysokiej jakości stereofonicznych słuchawkach audio, samochodowych zestawach słuchawkowych, bezprzewodowych



systemach głośnikowych, telefonach VOIP i różnego rodzaju przystawkach multimedialnych.

### Roving Networks RN-42

Jest to nieduży moduł o małym poborze mocy i niewielkiej masie, zgodny ze standardem Bluetooth 2.1 + EDR. Przeznaczony jest do użycia głównie, jako prosty sposób zastąpienia połączenia przewodowego. Świetnie sprawdza się w czytnikach kodów kreskowych, systemach monitoringu, czujnikach przemysłowych, urządzeniach medycznych i akcesoriach komputerowych. Dostępna jest również wersja bez wbudowanej anteny, pozwalająca na podłączenie zewnętrznej. Ma ona oznaczenie RN-42-N. Producent oferuje też zestaw ewaluacyjny z tym modułem, oznaczony jako RN-42-SM.



zwała w prosty sposób podłączyć sieć ZigBee do interfejsu szeregowego. Moduł może być kontrolowany za pomocą prostych poleceń ale obsługuje pełny zestaw komend ZigBee. Wbudowany rdzeń mikrokontrolera 8051 pozwala na przeprowadzanie wielu dodatkowych operacji, takich jak: obliczanie sum kontrolnych, określanie współczynnika RSSI, szyfrowanie AES-128, itd. Moduł obsługuje interfejsy UART, SPI i liczne wejścia i wyjścia ogólnego przeznaczenia. Przeznaczony jest do tworzenia systemów bezprzewodowego zbierania danych, monitoringu, zdalnego sterowania oraz do sieci czujnikowych i automatyki budynkowej. Tryby uśpienia: LPM1, dla którego pobór mocy nie przekracza 300 µA i LMP2, gdzie spada poniżej 2 µA sprawiają, że moduł dobrze sprawdza się również w aplikacjach zasilanych bateryjnie.

Moduł dostępny jest w trzech odmianach:

- AMBZ420 - z wbudowaną anteną ceramiczną,
- AMBZ420-1 - z padem dla sygnału antenowego,
- AMBZ420-2 - ze złączem antenowym U.FL.

Zastosowanie zewnętrznej anteny pozwala zwiększyć zasięg urządzenia z 250 m do 400 m.

### Atmel ATZB-24-B0 ZigBit

Jest to niewielki moduł o bardzo dużej czułości odbiornika. Może pracować w sieci BitCloud korzystającej z protokołu ZigBee PRO lub jako bezprzewodowe łącze szeregowe (tryb SerialNet). W tym pierwszym

### Moduły ZigBee

Poniżej prezentujemy wybrane moduły ZigBee dostępne na polskim rynku.

#### Amber Wireless AMBZ430

To niewielki moduł ze stosem ZigBee Pro, o małym poborze mocy. W połączeniu ze stosem ZNP firmy Texas Instruments po-



przypadku konfiguracji modułu dokonuje się za pomocą programowej platformy deweloperskiej, wspólnej dla wszystkich modułów Atmel ZigBit. W trybie SerialNet programowanie odbywa się poprzez komendy AT przesyłane przez interfejs szeregowy.

Moduł wyposażony jest w 128 kB pamięci Flash, 8 kB pamięci RAM i 4 kB EEPROM. Ma wiele interfejsów komunikacyjnych, m.in.: 9 portów GPIO, 2 wejścia przerwań, 4 wejścia dla przetwornika analogowo-cyfrowego, porty UART, USART, I<sup>2</sup>C i SPI.

ATZB-24-B0 jest przeznaczony do bardzo wielu różnorodnych aplikacji, a w tym do: automatyki budynkowej, systemów wentylacji i ogrzewania, zarządzania zasobami, monitorowania środowiska, systemów bezpieczeństwa i wielu aplikacji przemysłowych.

Omawiana wersja wyposażona jest w wyprowadzenia do podłączenia anteny ale dostępna jest też nieco większa: ATZB-24-A2, która zawiera już wbudowaną antenę dookólną. Ponadto producent oferuje zestaw ewaluacyjny ATZB-DK-24.

### Aurel XTR-ZB1-xLI

Jest to rodzina modułów różniących się między sobą zaimplementowanymi funkcjami. XTR-ZB1-RLI może pracować jako router, wersja z oznaczeniem z końcówką „-CRI” jako koordynator sieci, a z „-ELI” jako urządzenie końcowe ZigBee. W odróżnieniu od zdecydowanej większości pozostałych modułów, produkt firmy Aurel nie jest przeznaczony do montażu powierzchniowego. Polecenia do modułu przesyłane są w postaci komend tekstowych, a producent dostarcza oprogramowanie aplikacyjne napisane w Visual Basicu.



Omawiana wersja modułu ma zintegrowaną antenę dookólną ale dostępne są też modele ze wyprowadzeniem anteny (oznaczenie modelu z końcówką „-xLE”).

### Digi XBee ZB SMT

Firma Digi oferuje szereg modułów ZigBee w ramach rodzin XBee i XBee-PRO. Naj-



nowsza z serii XBee to ZB SMT, w ramach której dostępne są trzy odmiany programowalne:

- XB24CZ7RISB003 z padem przeznaczonym do doprowadzenia sygnału z anteny
- XB24CZ7PISB003 ze zintegrowaną anteną na PCB
- XB24CZ7UISB003 ze złączem U.FL do podłączenia zewnętrznej anteny

Moduły te mają 32 kB pamięci Flash na program i 2 kB RAM. Dostępne są też nieco tańsze i pobierające mniej energii wersje nieprogramowalne. Analogiczne cechy mają moduły XBee-PRO, które nadają z większą mocą ale nie są certyfikowane na europejski rynek.

Moduły XBee ZB SMT pozwalają na aktualizację firmware przez łącze bezprzewodowe i mogą być obsługiwane przez proste komendy AT lub bardziej zaawansowane API. Ponadto producent dostarcza oprogramowanie iDigi Manager Pro do zarządzania elementami sieci bezprzewodowej. Dostępne są też moduły deweloperskie, w tym przeznaczony na europejski rynek: XBee ZigBee RF SMT Module Development Kit (XK-Z11-S-W).

### Radiocrfts RC240HP-ZNM

Jest to najmniejszy z modułów ZigBee firmy Radiocrfts, ale wyposażony w nadajnik o dużej mocy (20 dBm), co przy zastosowaniu dobrej anteny pozwala w idealnych warunkach na uzyskanie połączenia na odległości nawet 2,5 km. Trzeba jednak pamiętać, że europejskie regulacje narzucają ograniczenie mocy transmisji do 10 mW/MHz pasma. Pod względem wyprowadzeń RC240HP-ZNM jest kompatybilny z innymi modułami firmy Ra-



diocrfts, przystosowanymi np. do obsługi sieci Wireless M-Bus, co ułatwia tworzenie alternatywnych wersji urządzeń, różniących się interfejsem sieciowym. Połączenie z zewnętrznym mikrokontrolerem realizowane jest za pomocą interfejsów UART lub SPI.

Producent oferuje też wersję do sieci Smart Energy oraz model o mniejszej mocy nadajnika (4 dBm), który pozwala na komunikację na dystansie do 500 m.

### Telegesis ETRX357

Jest to jeden z pierwszych modułów ZigBee na rynku, w którym zastosowano rdzeń mikrokontrolera ARM Cortex-M3. Obsługę opracowany przez Telegesis zestaw komend przypominających polecenia AT i przystosowany do funkcji ZigBee PRO. ETRX357 cechuje się bardzo małym poborem mocy w trybie głębokiego uśpienia – prąd ten nie przekracza wtedy 1  $\mu$ A. Ponadto, oprócz standardowego trybu nadawania, w którym moc emitowanego sygnału wynosi 3 dBm możliwa jest też praca w trybie podwyższonej mocy (8 dBm). Zwiększenie zasięgu można też uzyskać dzięki zastosowaniu modułu w wersji ETRX357HR, który zamiast wbudowanej anteny zawiera złącze U.FL do podłączenia zewnętrznej.



Omawiany moduł przeznaczony jest do instalacji w systemach alarmowych, automatyki budynkowej, bezprzewodowych sieciach czujnikowych i wielu aplikacjach przemysłowych. Producent oferuje kompletny zestaw deweloperski (ETRX3DVK) z kilkoma modułami i antenami umożliwiającymi stworzenie działającej sieci.

### Telit ZE61-2.4

Wybrany moduł firmy Telit oferuje największy w niniejszym zestawieniu zasięg komunikacji (nawet do 4 km), przy względnie niedużym poborze prądu (150 mA w trakcie transmisji). W trakcie odbioru pobierany prąd wynosi 31 mA, a w trybach oczekiwania i uśpienia prąd spada do 2,5  $\mu$ A i 1,5  $\mu$ A. Moduł zawiera 8 kB pamięci SRAM, 8 kB EEPROM i 256 kB Flash. Może być konfigurowany poprzez połączenie bezprzewodowe oraz obsługuje interfejs RS-232. Umożliwia wgranie stosu Smart Energy zamiast klasycznego ZigBee.

Moduł dostępny jest w wersji z anteną lub bez oraz z wyprowadzeniami do montażu przewlekane lub powierzchniowe. Bardzo zbliżone parametry ma też model ZE51-2.4, który cechuje się mniejszą mocą nadawanego sygnału (4 dBm), ale mimo to pozwala na komunikację na odległość nawet 1 km.

### Marcin Karbowniczek, EP

