

Moduły transmisyjne Silicon Laboratories i ZMDI

W dobie Internetu Rzeczy (IoT) nastąpił bardzo szybki oraz duży wzrost liczby i różnorodności dostępnych na rynku modułów do komunikacji bezprzewodowej, dzięki czemu wielu elektroników zaczyna opierać swoje projekty o bezprzewodową transmisję danych. Projektowane są urządzenia z zakresu wielu segmentów rynku np. elektronika użytkowa, automatyka budynkowa oraz przemysłowa, mobilne urządzenia multimedialne np. nawigacje samochodowe, odtwarzacze audio, urządzenia fitness.

Obecnie elektronik, który projektuje urządzenie z modułem bezprzewodowym nie musi martwić się o cały background związany z zagadnieniami projektowania układów radiowych oraz badań i certyfikacji takiego urządzenia, głównym problemem stawianym obecnie przed projektantami jest wybór standardu komunikacji bezprzewodowej, producenta układu oraz co za tym idzie środowiska programowania i dostępnego wsparcia technicznego. Spośród wielu firm oferujących swoje rozwiązania większość z nich umożliwi nabycie gotowych zestawów startowych, a także darmowych próbek modułu oraz środowisko programowania, często z gotowymi programami do przetestowania podstawowych parametrów modułu.



Wielu producentów np. Silicon Laboratories udostępnia również całą gamę dokumentów takich jak noty aplikacyjne, instrukcje obsługi oraz inne dotyczące projektu samego modułu oraz jego obsługi.

Zaczynając projektowanie twórca urządzenia musi zadbać o jak najdrobniejsze aspekty techniczne wymagań aplikacyjnych wiążące się z doбором odpowiedniego standardu transmisji oraz rozwiązania, pod względem kluczowych parametrów takich jak zasięg, częstotliwość pracy, pobór prądu, przepustowość danych, topologię sieci oraz liczba odbiorców. Spośród rozwiązań dostępnych na rynku można wybrać moduły działające w oparciu m.in. o technologie: Bluetooth (Smart, Low Energy, Classic),

Wi-Fi, ZigBee, Thread, 6LoWPAN, Sub-GHz (RAIL Software, Connect Stack, wireless M-Bus), Wielu kluczowych graczy na rynku komponentów elektronicznych oferuje w swoim portfolio moduły gotowe do zastosowania w nowych lub istniejących aplikacjach, rozszerzające funkcjonalność urządzenia i umożliwiające komunikację w nie jednym, lecz w kilku standardach np. przez przełączanie protokołów transmisyjnych zaimplementowanych w jednym module.

Firma Silicon Laboratories będąca jednym z producentów modułów oraz układów radiowych posiada szerokie portfolio produktów umożliwiające komunikację w większości z wymienionych standardów, po za standardowymi modułami Bluetooth,

Tabela nr 1. Zestawienie gotowych modułów dostępnych w Silicon Labs oraz ZMDI

Standard komunikacji	Moduł	Charakterystyka modułu	Zastosowanie i aplikacje
Wi-Fi	WGM110 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard pracy: IEEE 802.11 b/g/n. - Częstotliwość pracy: 2.4GHz. - Dostępne kanały: Europa 13, Ameryka Północna 11, Japonia 14. - Moc nadawcza: +16 dBm. - Czułość: -98 dBm. - Zasięg: do 450 m. - Szyfrowanie transmisji: WPA2/WPA Personal, WPA2/WPA Enterprise, WEP. - Wbudowane protokoły IP. - Prędkość transmisji danych: do 72,2 Mbps. - Języki programowania: BGAPI, BGLIB, BGScript. - Zintegrowana antena ceramiczna. - Zintegrowany procesor ARM® Cortex-M3. - Darmowe SDK. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Możliwość samodzielnej pracy. - Aplikacje IoT. - terminale POS. - Radia internetowe oraz urządzenia nadawcze. - Bezprzewodowe ramki do zdjęć. - Przenośne urządzenia ręczne. - Bezprzewodowe kamery. - Przenośne urządzenia nawigacyjne.
	WF121 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard pracy: IEEE 802.11 b/g/n. - Częstotliwość pracy: 2,4 GHz. - Dostępne kanały: Europa 13, Ameryka Północna 11, Japonia 14. - Moc nadawcza: +16 dBm. - Czułość: -97 dBm. - Zasięg: do 500 m. - Prędkość transmisji danych: do 72,2 Mbps. - Wbudowane protokoły IP. - Języki programowania: BGAPI, BGScript. - Zintegrowana antena ceramiczna lub złącze U.FL. - Zintegrowany 32-bitowy procesor. - Darmowe SDK. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Terminale POS. - Radia internetowe oraz urządzenia nadawcze. - Bezprzewodowe ramki do zdjęć. - Przenośne urządzenia ręczne. - Bezprzewodowe kamery. - Przenośne urządzenia nawigacyjne.

Wi-Fi, ZigBee, Thread czy Sub-GHz, producent posiada moduły służące do implementacji protokołu w wybranym standardzie. Implementacja wybranego protokołu nie musi ograniczać się do używania tego jednego standardu gdyż układy SoC będące sercem modułu dają możliwość implementacji oraz automatycznego przełączania pomiędzy zaimplementowanymi standardami, dodatkowo posiadają wbudowane bloki radiowe do obsługi również protokołów w paśmie Sub-GHz. W tabeli 1 wymieniono moduły komunikacyjne dostępne w Silicon Laboratories uwzględniając najważniejsze parametry zarówno samego układu, standardu komunikacji oraz kluczowych aplikacji zastosowania, w zestawieniu znalazł się jeden rodzajek dostępny od ZMDI (obecnie IDT).

Tabela zawiera typy modułów do komunikacji bezprzewodowej z uwzględnieniem głównych parametrów oraz zastosowań

aplikacyjnych. Większość z zestawionych układów dostępna jest w postaci modułu, jednak dla układów z serii EFR32xx sytuacja wygląda nieco inaczej, gdyż użytkownik ma możliwość otrzymania zestawu startowego wyposażonego w moduł radiowy. Dla ilości produkcyjnych użytkowników otrzymuje SoC znajdujący się na module startowym oraz wszystkie dokumenty z zakresu referencje design, application note, pliki wsadowe, schematy, layout elementów oraz BoM w celu samodzielnego zaprojektowania modułu. Działania takie mają na celu zmniejszenie kosztów ponoszonych przez zamawiającego, poprzez redukcję jednostkowej ceny oraz większy wpływ na koszty całościowe (produkcja oraz koszt elementów układu) po stronie zamawiającego.

Każdy z modułów ma charakterystyczne parametry, określające jego przydatność w mniejszym lub większym stopniu w zastosowaniu dla danej aplikacji. Aby dokonać

prawidłowego doboru modułu, nawet w przypadku projektowania „zabawek elektronicznych” należy znać wszystkie główne funkcjonalności. Brak wiedzy na temat parametrów oraz funkcjonalności danego modułu często powodować będzie niedopasowanie funkcjonalne układu do aplikacji, przy wybieraniu producenta modułu należy zwrócić uwagę na bardzo ważny aspekt dostępnej dokumentacji, jakości, dostępu, istniejącego forum, tematów na nim poruszanych, dostępności środowisk programistycznych oraz oferowanego wsparcia technicznego. Zapoznanie się z kluczowymi kwestiami dotyczącymi modułu oraz „technicznej” strony jego producenta pomoże uniknąć kłopotów związanych z rozwojem aplikacji na każdym z etapów.

Kamil Prus
Inżynier Aplikacyjny
kamil.prus@ccontrols.pl

Tabela nr 1. cd.










Standard komunikacji	Moduł	Charakterystyka modułu	Zastosowanie i aplikacje
Wi-Fi	WF111 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard pracy: IEEE 802.11 b/g/n. - Częstotliwość pracy: 2,4 GHz. - Dostępne kanały: Europa 13, Ameryka Północna 11, Japonia 14. - Moc nadawcza: +16 dBm. - Czułość: -97 dBm. - Zasięg: do 500 m. - Prędkość transmisji danych: do 72,2 Mbps. - Szyfrowanie transmisji: WPA2, WPA oraz WEP. - Standard: WMM. - Zintegrowana antena lub złącze U.FL. - SDIO interfejs. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Terminale POS. - Radia internetowe oraz urządzenia nadawcze. - Bezprzewodowe ramki do zdjęć. - Przenośne urządzenia ręczne. - Kamery bezprzewodowe. - Przenośne urządzenia nawigacyjne.
Bluetooth Classic	WT12 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard pracy: Bluetooth 2.1 + EDR, class 2 radio. - Zasięg: do 30 m LoS. - Zintegrowana antena ceramiczna. - Moc nadawcza: +3 dBm. - Czułość: -86 dBm. - Do 13 profili Bluetooth. - Wsparcie dla Apple iAP. - Interfejs Bluetooth HCI. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sterowanie M2M. - Tablety oraz telefony komórkowe. - Terminale PoS. - Akcesoria komputerowe. - Akcesoria do urządzeń Apple.
	WT11i 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard pracy: Bluetooth 2.1 + EDR, class 1 radio. - Zasięg: do 350 m LoS. - Zintegrowana antena ceramiczna lub złącze U.FL. - Moc nadawcza: +17 dBm. - Czułość: -86 dBm. - Do 13 profili Bluetooth. - Wsparcie dla Apple iAP. - Interfejs Bluetooth HCI. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Komunikacja M2M. - Terminale PoS. - Akcesoria komputerowe. - Akcesoria do urządzeń Apple.
	WT32i 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard pracy: Bluetooth 3.0, class 1 radio. - Zasięg: do 100 m LoS. - Zintegrowana antena ceramiczna lub złącze U.FL. - Moc nadawcza: +6,5 dBm. - Czułość: -90 dBm. - Dostępne profile: PBAP, MAP, HID, DI, OBEX, DUN, HCP. - Profil SPP dla Apple iAP1 oraz iAP2. - Obsługa znaków ASCII przez UART. - 802.11 co-existence interfejs. - Protokół CVC aktywnej redukcji szumu. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Głośniki bezprzewodowe. - Urządzenia Hi-Fi. - Urządzenia hands-free. - Słuchawki stereo.

Tabela nr 1. cd.

Standard komunikacji	Moduł	Charakterystyka modułu	Zastosowanie i aplikacje
Bluetooth Classic	<p>WT32</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard pracy: Bluetooth 2.1 + EDR, class 2 radio. - Zasięg: do 50 m LoS. - Zintegrowana antena ceramiczna lub złącze W.FL. - Moc nadawcza: +7 dBm. - Czulość: -86 dBm. - Zintegrowany DSP. - Zintegrowane kodeki audio. - Interfejs komunikacyjny: UART. - 802.11 co-existence interfejs. - Protokół CVC aktywnej redukcji szumu. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Głośniki bezprzewodowe. - Urządzenia Hi-Fi. - Urządzenia hands-free. - Słuchawki stereo.
	<p>WT41</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard pracy: Bluetooth 2.1 + EDR, class 1 radio. - Zasięg: do 1000 m LoS. - Zintegrowana antena ceramiczna lub złącze U.FL. - Moc nadawcza: +20 dBm. - Czulość: -90 dBm. - Do 13 profili Bluetooth. - Wsparcie dla Apple iAP. - Interfejs Bluetooth HCI. - 802.11 co-existence interfejs. - Protokół CVC aktywnej redukcji szumu. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Terminale przenośne. - Urządzenia przemysłowe. - Terminale PoS. - Komputery PC. - Urządzenia PDA. - Akcesoria komputerowe. - Urządzenia do diagnostyki komputerowej.
Bluetooth Low Energy	<p>BGM111</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard: Bluetooth 4.1 (możliwość aktualizacji do Bluetooth 4.2). - Zasięg: do 200 m LoS. - Zintegrowana antena ceramiczna. - Wbudowany procesor z rdzeniem Cortex-M4 dla operacji typu stand-alone. - Moc nadawcza: konfigurowalna do +8 dBm. - Czulość: -93 dBm. - Prędkość transmisji danych: do 100 kbps w standardzie BLE. - Języki programowania: BGAPI, BGLIB, BGScript. - Zintegrowany Bluetooth Smart Stack. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Urządzenia typu health and fitness. - Elektronika użytkowa. - Automatyka przemysłowa i domowa. - Urządzenia typu PoS.
	<p>BGM113</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard: Bluetooth 4.1 (możliwość aktualizacji do Bluetooth 4.2). - Zasięg: do 50 m LoS. - Zintegrowana antena ceramiczna. - Wbudowany procesor z rdzeniem Cortex-M4 dla operacji typu stand-alone. - Moc nadawcza: konfigurowalna do +3 dBm. - Czulość: -93 dBm. - Języki programowania: BGAPI, BGLIB, BGScript. - Zintegrowany Bluetooth Smart Stack. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Czujniki dla zastosowań IoT. - Urządzenia typu health and fitness. - Smartphone, tablety oraz akcesoria PC. - Automatyka domowa i przemysłowa. - Elektronika użytkowa.
	<p>Blue Gecko</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard: Bluetooth 4.1 (możliwość aktualizacji do Bluetooth 4.2). - Zasięg: do 50 m LoS. - Zintegrowana antena ceramiczna. - Wbudowany procesor z rdzeniem Cortex-M4 dla operacji typu stand alone. - Moc nadawcza: konfigurowalna do +19.5 dBm dla 2.4GHz, do 20 dBm dla Sub-GHz. - Czulość: -94 dBm dla 2.4GHz, -121.4 dBm dla Sub-GHz. - Wsparcie dla protokołów: Bluetooth Smart, Wireless M-Bus, Low Power WAN. - Zintegrowany Bluetooth Smart Stack. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Czujniki IoT. - Automatyka domowa i przemysłowa. - Urządzenia typu HID. - Systemy pomiarowe. - Komercyjne systemy oświetlenia oraz detekcji.



HTTP://WWW.EP.COM.PL/KAP

Tabela nr 1. cd.


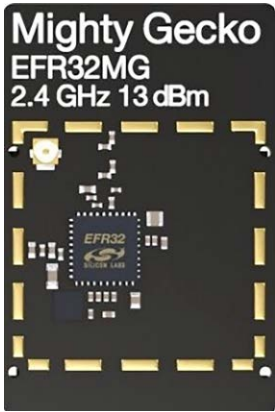



Standard komunikacji	Moduł	Charakterystyka modułu	Zastosowanie i aplikacje
Bluetooth Low Energy	BLE113 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard: Bluetooth 4.0 low energy. - Zasięg: do 100 m LoS. - Zintegrowana antena ceramiczna. - Wbudowany procesor z rdzeniem 8051 dla operacji typu stand alone. - Moc nadawcza: konfigurowalna do -23 dBm. - Czułość: -93 dBm. - Języki programowania: BGAPI, BGLIB, BGScript. - Zintegrowany Bluetooth Smart Stack. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Czujniki typu health and fitness. - Czujniki medyczne. - Klucze bezprzewodowe. - Klawiatury oraz myszki typu HID. - Tagi zabezpieczające oraz kontroli dostępu.
	BLE121LR 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard: Bluetooth 4.0 low energy. - Zasięg: do 450 m LoS. - Zintegrowana antena ceramiczna. - Wbudowany procesor z rdzeniem 8051 dla operacji typu stand alone. - Moc nadawcza: konfigurowalna do +8 dBm. - Czułość: -98 dBm. - Języki programowania: BGAPI, BGLIB, BGScript. - Zintegrowany Bluetooth Smart Stack. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Czujniki typu health and fitness. - Czujniki medyczne. - Urządzenia typu beacon. - Tagi zabezpieczające oraz kontroli dostępu.
	BLE112 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard: Bluetooth 4.0 low energy. - Zasięg: +100 m LoS. - Zintegrowana antena ceramiczna lub złącze U.FL. - Wbudowany procesor z rdzeniem 8051 dla operacji typu stand alone. - Moc nadawcza: konfigurowalna od +3 dBm do -23 dBm. - Czułość: -92 dBm. - Języki programowania: BGAPI, BGLIB, BGScript. - Zintegrowany Bluetooth Smart Stack. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Czujniki medyczne - Zegarki. - Urządzenia rozgłoszeniowe dla GPS. - Klawiatury oraz myszki typu HID. - Wagi. - Tagi zabezpieczające. - Klucze bezprzewodowe. - Piloty.
	BLED112 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard: Bluetooth 4.0 low energy. - Zasięg: od 20 m do 40 m LoS. - Zintegrowana antena PCB. - Wbudowany procesor z rdzeniem 8051 dla operacji typu stand alone. - Moc nadawcza: konfigurowalna od +0 dBm do -27 dBm. - Czułość: -93 dBm. - Języki programowania: BGAPI, BGLIB, BGScript. - Zintegrowany Bluetooth Smart Stack. 	<ul style="list-style-type: none"> - Urządzenia posiadające interfejs USB - Urządzenia wymagające komunikacji bezprzewodowej. - Urządzenia oparte o system operacyjny Windows, Linux, MAC OS, Android.
	BT111 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard: Bluetooth 4.0 low energy. - Wsparcie Bluetooth trybu master oraz Bluetooth classic. - Zasięg: +100 m LoS. - Zintegrowana antena ceramiczna. - Moc nadawcza: +8 dBm. - Czułość: -89 dBm. - 802.11 co-existence interfejs. - Języki programowania: BGAPI, BGLIB, BGScript. - Zintegrowany Bluetooth Smart Stack. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Urządzenia typu PoS. - Łączność M2M. - Urządzenia do nawigacji. - Elektronika użytkowa. - Automatyka domowa oraz przemysłowa.
	BT121 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard: Bluetooth 4.1 low energy - Zgodność dla standardu Smart Ready. - Zasięg: 200 m do 400 m LoS. - Zintegrowana antena ceramiczna. - Wbudowany procesor z rdzeniem Cortex-M0 dla operacji typu stand alone. - Moc nadawcza: +12dBm dla BT BR/EDR, +8dBm dla BLE. - Czułość: -96 dBm. - języki programowania: BGAPI, BGLIB, BGScript. - Zintegrowany Bluetooth Smart Stack. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Urządzenia typu PoS. - Łączność M2M. - Urządzenia do nawigacji. - Elektronika użytkowa. - Automatyka domowa oraz przemysłowa.

Tabela nr 1. cd.

Standard komunikacji	Moduł	Charakterystyka modułu	Zastosowanie i aplikacje
<p>ZigBee Thread Bluetooth</p>	<p>EFR32MG</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard pracy 2.4GHz IEEE 802.15.4 (ZigBee, Thread). - Różnorodność wyboru anten (możliwość zaprojektowania układu z dowolną anteną). - Moc nadawcza: konfigurowalna do +19,5 dBm. - Czułość: -101 dBm. - Przepustowość 250 kbps z modulacją O-QPSK DSSS. - Zgodność ze standardem Bluetooth 4.2. - 1 Mbps z modulacją GFSK. - Moc nadawcza: konfigurowalna do +19,5 dBm. - Czułość: -94 dBm. - Wsparcie dla protokołów Proprietary 2.4GHz oraz Sub-GHz. - Wsparcie dla modulacji: GFSK, 2-FSK/4-FSK, OQPSK, DSSS, FEC, BPSK/DBSK, OOK/ASK. - Różnorodność wyboru anten. - Moc nadawcza: konfigurowalna do +19,5 dBm (2,4 GHz). - Czułość: -121,4 dBm (2,4 kbps, 868 MHz). - Moc nadawcza: konfigurowalna do +20 dBm (Sub-GHz). 	<ul style="list-style-type: none"> - Sterowanie oświetleniem. - Urządzenia typu health and wellness. - Systemy pomiarowe. - Automatyka budynkowa. - Systemy automatyki zabezpieczeń obiektów. - Aplikacje z zakresu „zintegrowany dom”.
<p>ZigBee Thread</p>	<p>ETRX358x</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard pracy 2.4GHz IEEE802.15.4 kanały od 11 do 26. - Moc nadawcza: konfigurowalna do +3 dBm (+8 dBm w trybie boost). - Czułość: -100 dBm (-102 dBm w trybie boost). - Przepustowość 250 kbit/s. - Zintegrowana antena ceramiczna lub złącze U.FL. - Wbudowany procesor Cortex-M3. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplikacje Smart Energy. - Bezprzewodowe urządzenia alarmowe oraz zabezpieczające. - Automatyka budynkowa. - Bezprzewodowa komunikacja sieci czujników. - Sterowanie M2M. - Zdalne sterowanie.
<p>Sub-GHz (RAIL Software, Connect Stack)</p>	<p>EFR32FG, EFR32HG, EFR32LG, EFR32WG,</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard pracy IEEE 802.15.4g (w zależności od układu). - Częstotliwość pracy: od 142 MHz do 1050 MHz. - Różnorodność wyboru anten (możliwość zaprojektowania układu z dowolną anteną). - Moc nadawcza: konfigurowalna do +20 dBm. - Czułość: (w zależności od układu) od -121.4 dBm do -133 dBm. - Wsparcie dla modulacji: 2/4 (G)FSK, OQPSK, DSSS, FEC, ASK, (G)MSK. - Przepustowość od 100 bps do 1 Mbps. - W zależności od wersji wbudowany procesor z rdzeniem Cortex-M4, Cortex-M0+, Cortex-M3. - Dostępna platforma rozwojowa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Systemy urządzeń pomiarowych oraz czujników. - Automatyka budynkowa. - Sterowanie M2M. - Bezprzewodowa komunikacja.
<p>6LoWPAN</p>	<p>ZWIR4512</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard pracy IEEE 802.15.4. - Częstotliwość pracy 868/915 MHz. - Moc nadawcza: konfigurowalna do +10 dBm. - Czułość: -110 dBm. - Wsparcie dla modulacji: BPSK (20 kbps EU, 40 kbps US), O-QPSK (100 kbps EU, 200 kbps US). - Komunikacja IPv6 z możliwością pracy w standardzie sieci mesh. - Zabezpieczenie transmisji po przez IKEv2 oraz IPSec. - Wbudowany procesor Cortex-M3. - Darmowe biblioteki dla układu (6LoWPAN z mesh routingiem, IPSec oraz IKEv2, biblioteki układów peryferyjnych). - Dostępna platforma rozwojowa. - Maksymalna konfiguracja routerów 1 do 10 (1 router może obsługiwać połączenia z maksymalnie 10 routerami w sieci). - Do 150 węzłów na jeden gateway, do 1000 węzłów z podziałem na gateway'e. - Zasięg do 500 m LoS (w zależności od zastosowanej modulacji). 	<ul style="list-style-type: none"> - Systemy urządzeń pomiarowych oraz czujników. - Sterowanie i kontrola urządzeń wykonawczych. - Sterowanie M2M. - Sieci bezprzewodowe o podwyższonych wymaganiach bezpieczeństwa oraz niezawodności. - Automatyka budynkowa oraz przemysłowa.