

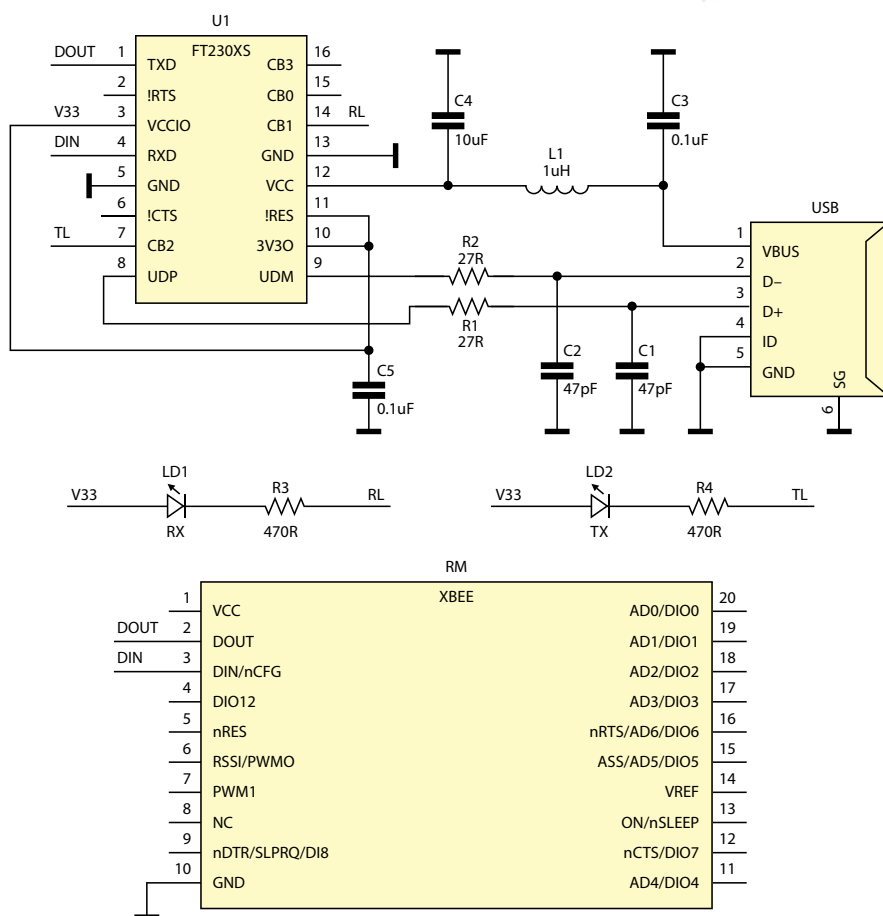
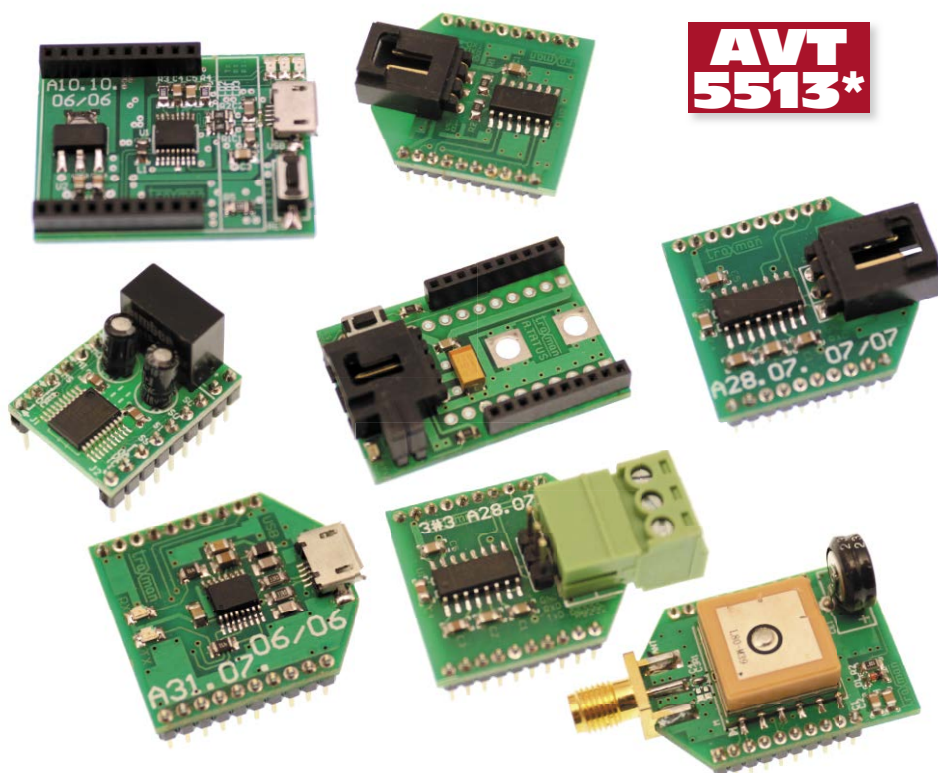
Moduły do komunikacji szeregowej Xbee dla Raspberry Pi i nie tylko

Opisana w numerze czerwcowym płytka rozszerzeń GPIO dla Raspberry Pi (AVT1854) ma zainstalowane gniazdo dla modułów komunikacji radiowej, zgodne pod względem rozmieszczenia wyprowadzeń z modułami komunikacyjnymi Xbee oferowanymi przez firmę Digi. Moim zdaniem te moduły stały się niekwestionowanym standardem dla komunikacji bezprzewodowej. Jak konwertery FTDI ułatwiają systemom embedded komunikację szeregową za pomocą USB, tak moduły Digi uwalniają komunikację od kabli i przenoszą ją na fale radiowe.

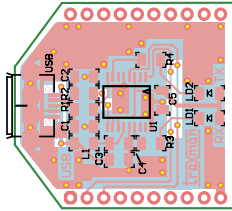
Rekomendacje: moduły przydadzą się w aplikacjach, w których Raspberry Pi lub inny system embedded komunikuje się z otoczeniem za pomocą fal radiowych.

Oferta firmy Digi w zakresie modułów do komunikacji bezprzewodowej stale się rozszerza. Zastosowanie gotowego modułu uwalnia projektanta od konieczności projektowania części radiowej i aplikacji wybranego protokołu komunikacyjnego, co znacząco skraca czas opracowania urządzenia.

Moduły Xbee, ZigBee oraz najnowszy Wi-Fi dają wybór sposobu realizacji transmisji bezprzewodowej. W zależności od wersji modułu, jest możliwa komunikacja na odległość od kilkudziesięciu metrów do kilku kilometrów. Moduły Xbee i Zigbee, oprócz realizacji łączności punkt-punkt, umożliwiają budowę złożonej, wielopunktowej sieci radiowej z całą infrastrukturą komunikacyjną, taką jak routery, koordynatory itd. Wszystkie moduły radiowe mają tak samo rozmieszczone wyprowadzenia, co ułatwia rozbudowę lub zmianę standardu komunikacji bez konieczności wykonywania zmian na płytce drukowanej. Wyprowadzenia i konstrukcja mechaniczna stała się nieformalnym standardem – dostępne są także moduły innych producentów zgodne mechanicznie np. HC06 z interfejsem Bluetooth oraz zamienniki



Rysunek 1. Schemat ideowy modułu Xbee_USB



Rysunek 2. Schemat montażowy modułu Xbee_USB

modułów Digi, uproszczone funkcjonalnie i nieco tańsze firmy Maxstream.

W zależności od oczekiwanego zasięgu komunikacji w ofercie Digi dostępne są moduły z serii Pro o podwyższonej mocy nadajnika. Każdy z modułów ma możliwość wyboru typu anteny, od wbudowanej (drurowej lub paskowej – bardzo wygodnej w zastosowaniach, ale o najmniejszym zasięgu i narzucającej pewne ograniczenia na konstrukcję urządzenia), po zewnętrzne, z dostępnymi kilkoma rodzajami typowych złączy antenowych (UFL, RPSMA). Możliwy w zależności od warunków środowiskowych jest też dobór pasma radiowego: 868 MHz, 900 MHz, 2,4 GHz. Większość z modułów ma wbudowane i konfigurowalne wejścia/wyjścia analogowe oraz cyfrowe umożliwiające budowanie sieci monitoringu bez konieczności użycia dodatkowego sprzętu.

Korzystając ze standardu wyprowadzeń Xbee opracowałem kilka dodatkowych modułów zgodnych mechanicznie,

W ofercie AVT*	
AVT-5513 A	
Dodatkowe materiały na FTP:	
ftp://ep.com.pl , user: 87550, pass: rxoaagj8	
• wzory płytek PCB	
Projekty pokrewne na FTP:	
(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)	
AVT-1854	RaspbPI_PLUS GPIO. Moduł rozszerzeń GPIO Pi B + (EP 6/2015)
AVT-1851	RaspbPI_DAC – przetwornik audio dla Raspberry Pi (EP 4/2015)
AVT-1827	RaspbPI_NFC – płytka czytnika RFID dla Raspberry Pi i nie tylko (EP 9/2014)
AVT-5459	RaspbPI_GSM Płytkę z modemem GSM dla Raspberry Pi (EP 7/2014)
AVT-5431,-32,-33	Moduły rozszerzeń dla Raspberry Pi (4) – RaspbPI_LCD, RaspbPI_Relay, RaspbPI_LED8_PWM_Expander (EP 1/2014)
AVT-5412,-13,-14	Moduły rozszerzeń dla Raspberry Pi (3) – RaspbPI_DIO16, RaspbPI_HUB, RaspbPI_DCM (EP 9/2013)
AVT-5402_2	Moduły rozszerzeń dla Raspberry Pi (2) – Płytkę do komunikacji szeregowej (EP 7/2013)
AVT-5402	Moduły rozszerzeń dla Raspberry Pi (1) – Płytkę stykową, moduł I/O, moduł wejść analogowych (EP 6/2013)
AVT-5335	Przetwornik DAC TDA1543 (EP 3/2012)
* Uwaga:	
Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:	
AVT xxxx UK to zaprogramowany układ, tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.	
AVT xxxx A	płytkę drukowaną PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych,
AVT xxxx A+	płytkę drukowaną i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx B	płytkę drukowaną (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf
AVT xxxx C	to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wylutowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf
AVT xxxx CD	oprogramowanie (niezostają spytana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć, klikając w link umieszczony w opisie kitu)
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C). http://sklep.avt.pl	

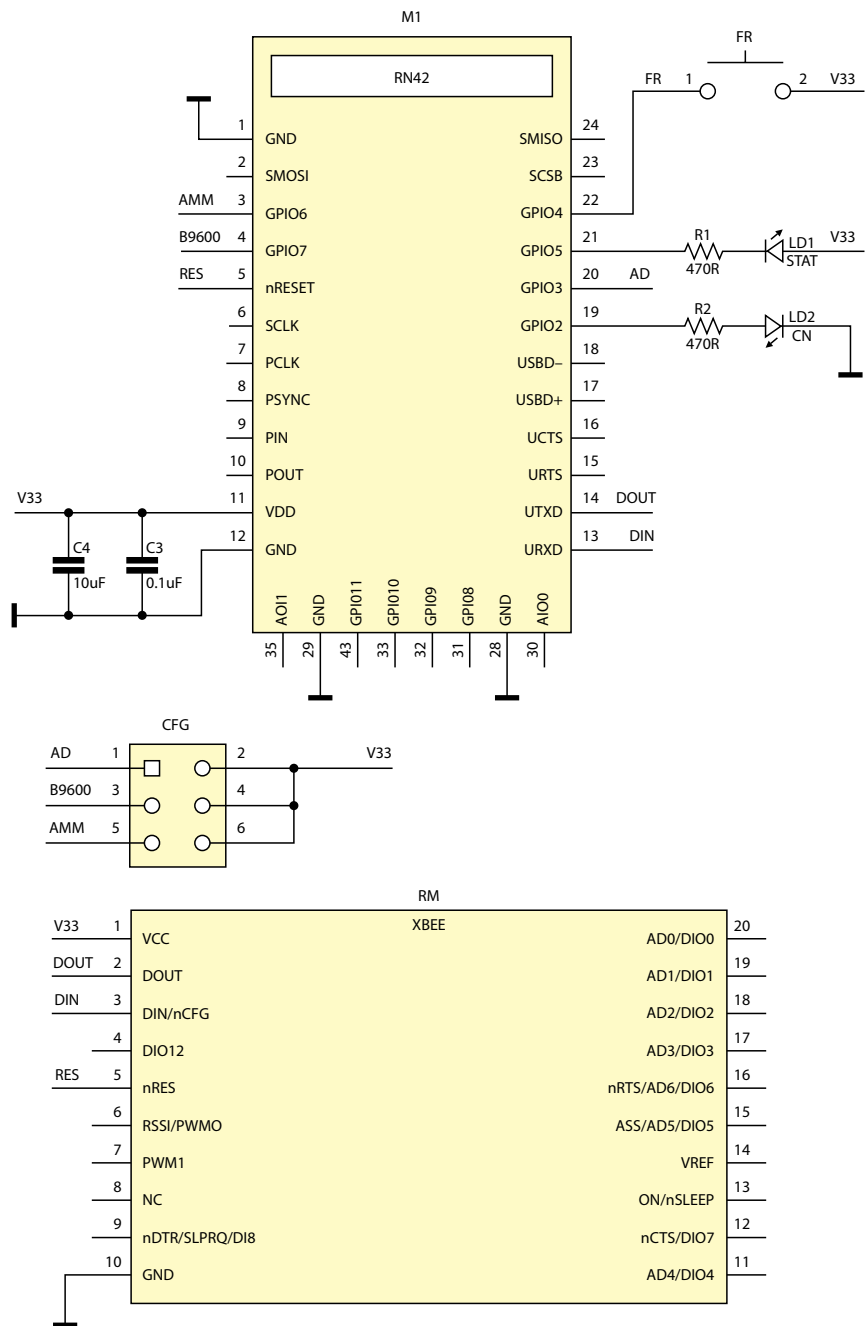
a umożliwiającą transmisję pomiędzy Raspberry Pi, Launchpadem (moduł PWR_Pack), AVTduino, STK_Mega256A, komputerem PC oraz wszystkimi płytkami zgodnymi z Xbee. Dodatkowe moduły pozwalają także na zapanowanie nad nadmierną liczbą płytek z różnorodnymi konwerterami transmisji szeregowej, dostosowanych tylko do jednego standardu płytki uruchomieniowej np. Arduino. W skład zestawu oprócz „fabrycznych” modułów Xbee wchodzi:

- **Xbee_USB** umożliwiający realizację konwertera UART-USB.
- **Xbee_BT** umożliwiający realizację komunikacji w standardzie Bluetooth, przy wykorzystaniu nowoczesnego modułu RN42 Microchip.
- **Xbee_RS232** umożliwiający realizację komunikacji w standardzie RS232.

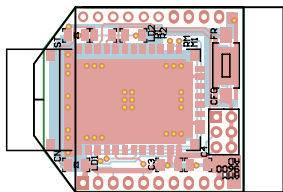
• **Xbee_TTL** konwerter poziomów umożliwiający bezpośrednie dołączenie do systemów 3,3 V np. Raspberry Pi z systemami TTL np. AVTduino.

Dodatkowo opracowanym modułem, który nie służy do realizacji komunikacji szeregowej, jest Xbee_GPS z odbiornikiem sygnału GPS Quectel L80. Moduł ma wbudowaną antenę oraz współpracuje z anteną zewnętrzną. Wykorzystanie funkcjonalności płytek zgodnych z Xbee o możliwość odbioru sygnałów GPS. Całość zamykają płytki umożliwiające współpracę z komputerem PC oraz prototypowanie układów z Xbee na płytkach stykowych lub zastosowanie w systemach bez podstawki Xbee:

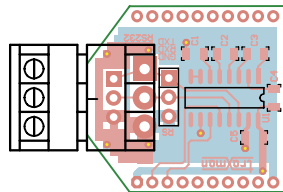
- **Xbee_PC** umożliwia komunikację pomiędzy PC, a dowolnym z opisanych



Rysunek 3. Schemat ideowy modułu Xbee_BT



Rysunek 4. Schemat montażowy modułu Xbee_BT



Rysunek 6. Schemat montażowy modułu Xbee_RS232

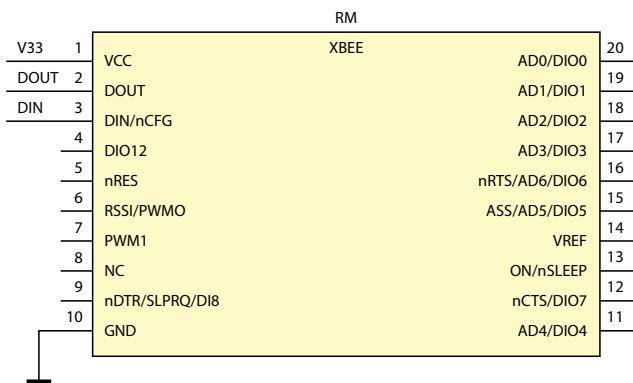
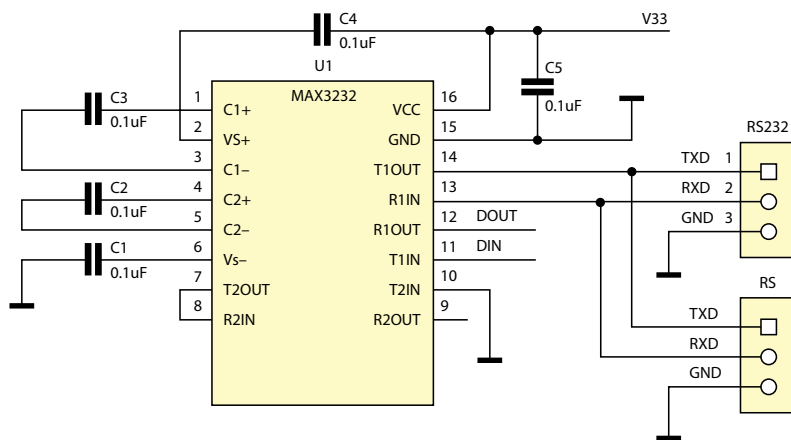
modułów za pomocą konwertera USB-COM FT230XS, (moduł ma zasilacz 3,3 V). Jego podstawową funkcją jest umożliwienie konfiguracji modułów oraz realizacja transmisji PC – zestaw uruchomieniowy. Dwa takie moduły umożliwiają zestawienie linku radiowego (COM) pomiędzy komputerami PC.

- **Xbee_Mini** umożliwia połączenie modułów poprzez port szeregowy (3,3 V) z płytkami uruchomieniowymi bez gniazda Xbee np. STM32. Dodatkowo, moduł ułatwia wykorzystanie Xbee na standardowych płytkach prototypowych. Na złącza w rastrze 2,54 mm wyprowadzone są wszystkie sygnały Xbee, co po odpowiedniej konfiguracji pozwala na zapoznanie się z rozszerzonymi funkcjonalnościami modułów (np. zdalny monitoring w sieci).

Schemat ideowy modułu Xbee_USB pokazano na **rysunku 1**, natomiast montażowy na **rysunku 2**. Jest to podstawowy moduł, konwertera FT230XS USB-UART (3.3V) umożliwiający dołączenie np. Raspberry Pi do komputera PC (praca

z zdalna z konsolą) lub realizację transmisji szeregowej poprzez USB dla płytek Launchpad przy użyciu kitu AVT5476. Schemat jest typowy, dla potrzeb kontroli transmisji zastosowano dwie diody LED świecące w tak sygnałów RXD i TXD.

Drugim modułem jest Xbee_BT umożliwiający realizację transmisji w standardzie Bluetooth z zastosowaniem modułu RN42 firmy Microchip. Schemat ideowy modułu Xbee_BT pokazano na **rysunku 3**, a montażowy na **rysunku 4**. Aplikacja jest typowa: diody świecące LD1 i LD2 wskazują status pracy modułu, złącze CFG umożliwia konfigurowanie modułu RN42, zwory AD/AMM umożliwiają wybór trybu automatycznej detekcji urządzenia BT, zworka B9600 ustawia prędkość komunikacji z modulem na 9600 b/s, a przycisk FR umożliwia powrót do fabrycznej konfiguracji modułu. Szczegółowy opis konfiguracji i funkcji RN42 zamieszczono w dokumencie RN-BT-DATA-UG dostępnym na firmie Microchip. Zapoznanie się z nim jest konieczne do poprawnego skonfigurowania RN42 pod kątem własnych aplikacji.



Rysunek 5. Schemat ideowy modułu Xbee_RS232

Wykaz elementów

Xbee_USB

- R1, R2: 27 Ω (SMD 0805)
- R3, R4: 470 Ω (SMD 0805)
- C1, C2: 47 pF (SMD 0805)
- C3, C5: 100 nF (SMD 0805)
- C4: 10 μF (SMD 0805)
- L1: 1 μH (SMD 0805, 50 mA)
- LD1, LD2: dioda LED SMD 0805
- U1: FT230XS (SSOP16)
- RM: złącze szpilkowe SIP10, R=2 mm, męskie
- USB: złącze Micro USB, SMD

Xbee_BT

- R1, R2: 470 Ω (SMD 0805)
- C3: 100 nF (SMD 0805)
- C4: 10 μF (SMD 0805)
- LD1, LD2: dioda LED SMD 0805
- M1: moduł BT42
- CFG: złącze IDC6, R=2 mm + zworki 2 mm
- FR: przycisk 6×3 mm
- RM: złącze szpilkowe SIP10, 2 mm, męskie

XBee_RS232

- C1...C5: 100 nF (SMD 0805)
- U1: MAX3232 (SO16)
- RM: złącze szpilkowe SIP10, 2 mm, męskie
- RS: złącze SIP3
- RS232: złącze MC1.5 (opcja)

XBee_TTL

- R1, R2: 100 Ω (SMD 0805)
- C1: 100 nF (SMD 0805)
- U2: LVT125 (SO14)
- RM: złącze szpilkowe SIP10, 2 mm, męskie
- RS: złącze SIP3

Xbee_GPS

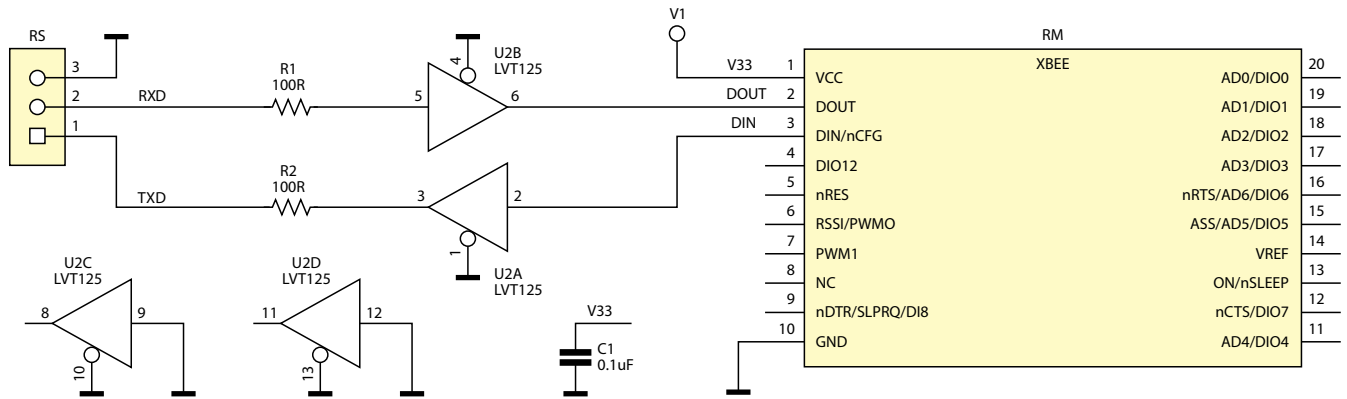
- R1: zworka
- R2: 10 kΩ (SMD 0805)
- C1: 100 nF (SMD 0805)
- C2: 10 μF (SMD 0805)
- C3, C4: 0,1 pF (nie montować!)
- D1: MCL103A
- M: moduł GPS L80
- CE1: 0,1 F/5 V
- ANT: złącze SMA SMD
- GPS: złącze szpilkowe SIP10, 2 mm, męskie

XBee_PC

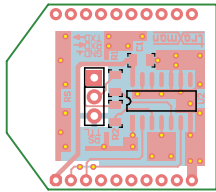
- R1, R2: 27 Ω (SMD 0805)
- R3...R5: 470 Ω (SMD 0805)
- C1, C2: 47 pF (SMD 0805)
- C3, C5: 100 nF (SMD 0805)
- C4: 10 μF (SMD 0805)
- C7, C8: 1 μF (SMD 0805)
- L1: 1 μH (SMD 0805, 50 mA)
- LD1...LD3: dioda LED SMD 0805
- U1: FT230XS (SSOP16)
- U2: LM1117-3.3
- RES: przycisk 6×3 mm
- RM: złącze szpilkowe SIP10, 2 mm, żeńskie
- USB: złącze Micro USB, SMD

Xbee_Mini

- R1, R2: 470 Ω (SMD 0805)
- C1: 100 nF (SMD 0805)
- CE1: 22 μF/6,3 V (SMD „B”)
- LD1, LD2: dioda LED SMD 0805
- CF: złącze szpilkowe IDC4 + 2 zwory 2,54 mm
- J1, J2: złącze SIP10, męskie (opcja)
- RES: przycisk 6×3 mm
- RM: złącze szpilkowe SIP10, 2 mm, żeńskie
- RS: złącze kątowe EH4



Rysunek 7. Schemat ideowy modułu Xbee_TTL

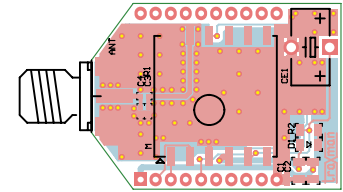


Rysunek 8. Schemat montażowy modułu Xbee_TTL

Trzecim modulem jest Xbee_RS232, który umożliwia realizację transmisji szeregowej w standardzie RS232. Schemat ideowy modułu Xbee_RS232 zamieszczono na **rysunku 5**, a montażowy na **rysunku 6**. Układ zawiera konwerter poziomów MAX3232 z 3,3 V do wymaganego przez RS232. W zależności od preferencji, jest możliwy montaż dla sygnałów RS232 złącza szpilkowego SIP3, kątownego EH3 lub wygodnego złącza śrubowego – rozłączanego MC1.5 o rastrze 3,81 mm.

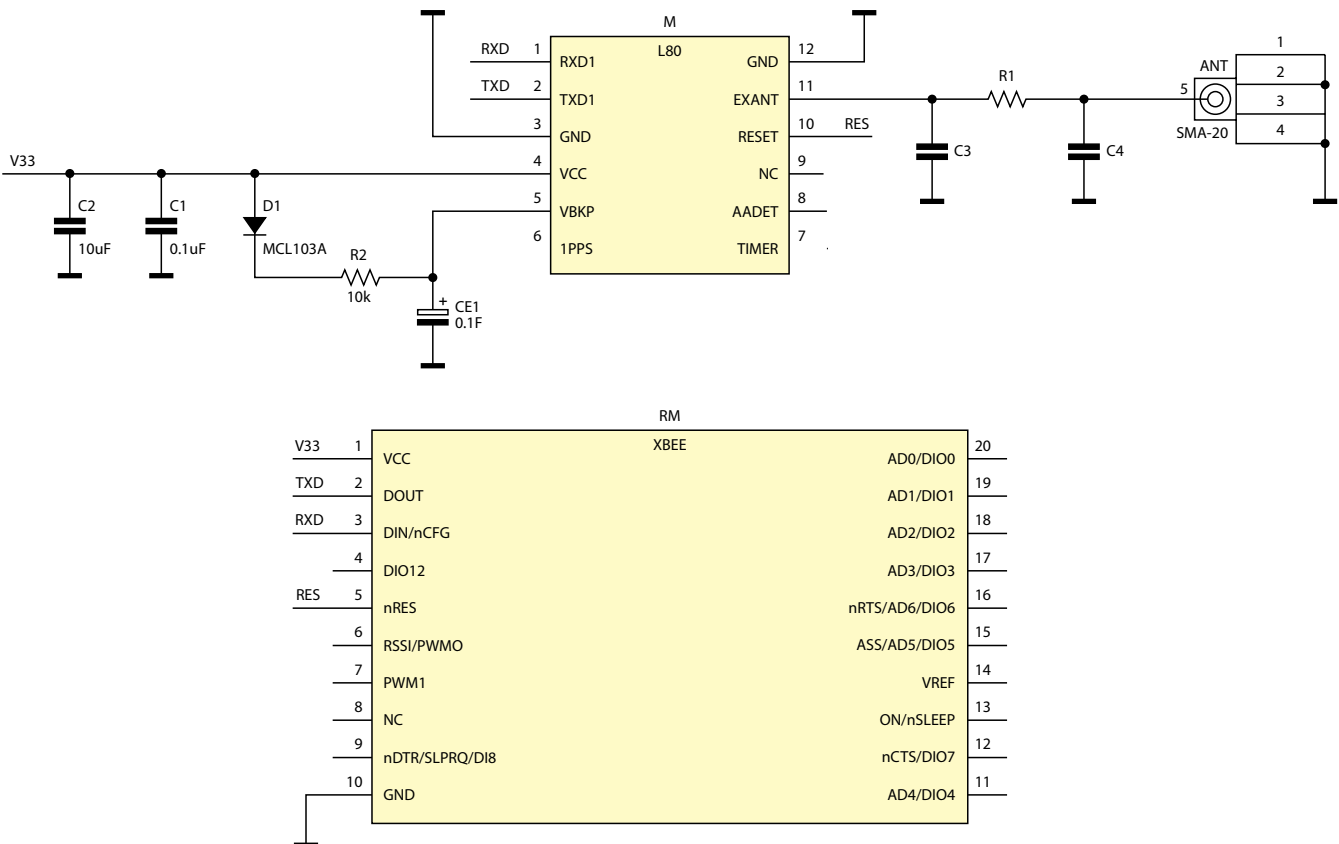
Czwartym konwerterem jest Xbee_TTL, umożliwiając dopasowanie układów CMOS 3,3 V i TTL. Dwukierunkową konwersję zrealizowano na układzie LVT125. Moduł umożliwia np. bezpośrednie przyłączenie portów szeregowych Arduino do Raspberry Pi lub Launchpada. Schemat ideowy modułu zamieszczono na **rysunku 7**, a montażowy na **rysunku 8**.

Ostatnim modulem zgodnym z podstawką Xbee jest moduł odbiornika GPS, dzięki któremu jest możliwe dodanie funkcjonalności GPS do każdego systemu zgodnego z Xbee. Schemat ideowy modułu Xbee_GPS przedstawiono na **rysunku 9**, a montażowy na **rysunku 10**. Moduł jest oparty o odbiornik GPS typu L80 firmy Quectel. Podstawową aplikację uzupełniają kondensator podtrzymujący CE1 (Super-CAP) z obwodem ładowania złożonym z diody D1 i rezystora R2.

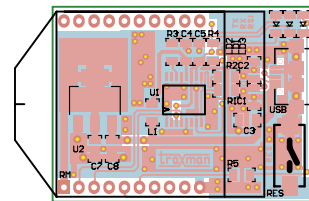
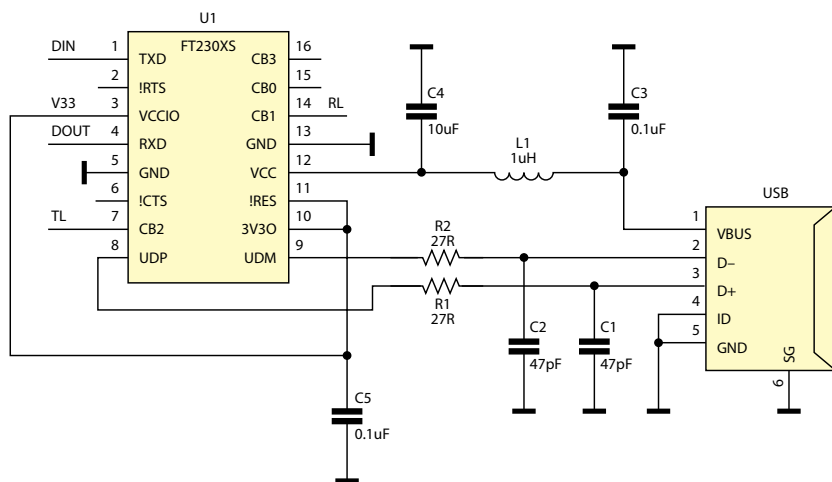


Rysunek 10. Schemat montażowy modułu Xbee_GPS

Odbiornik GPS typu L80 ma wbudowaną antenę, która sprawdza się w zastosowaniach „terenowych”. Jeżeli układ będzie wykorzystany wewnątrz budynków lub poziom sygnału będzie nieodpowiedni do synchronizacji, jest możliwe zastosowanie anteny zewnętrznej dołączonej do złącza SMA. Moduł automatycznie rozpoznaje przyłączenie anteny zewnętrznej sygnalizując to odpowiednim komunikatem statusu. Oprogramowanie modułu jest zgodne ze standardem NMEA.



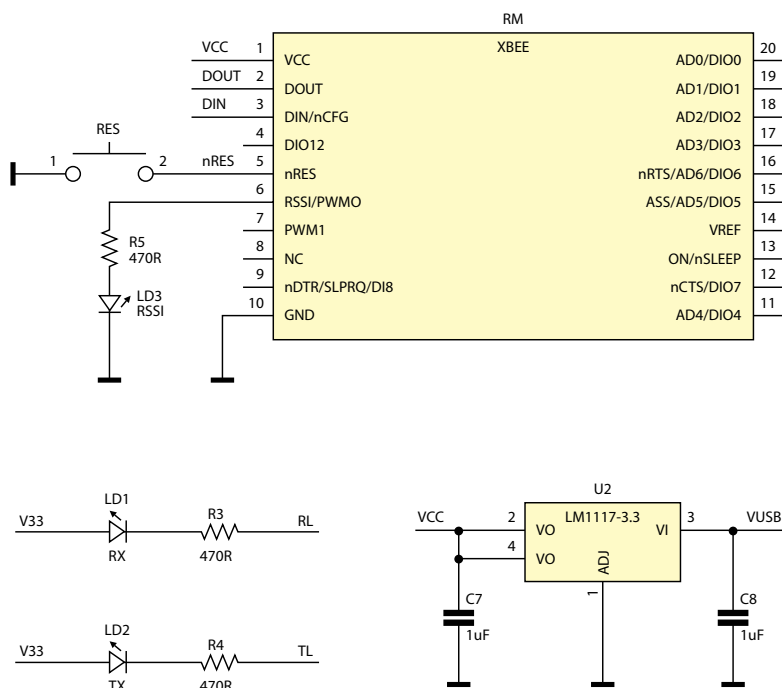
Rysunek 9. Schemat ideowy modułu Xbee_GPS



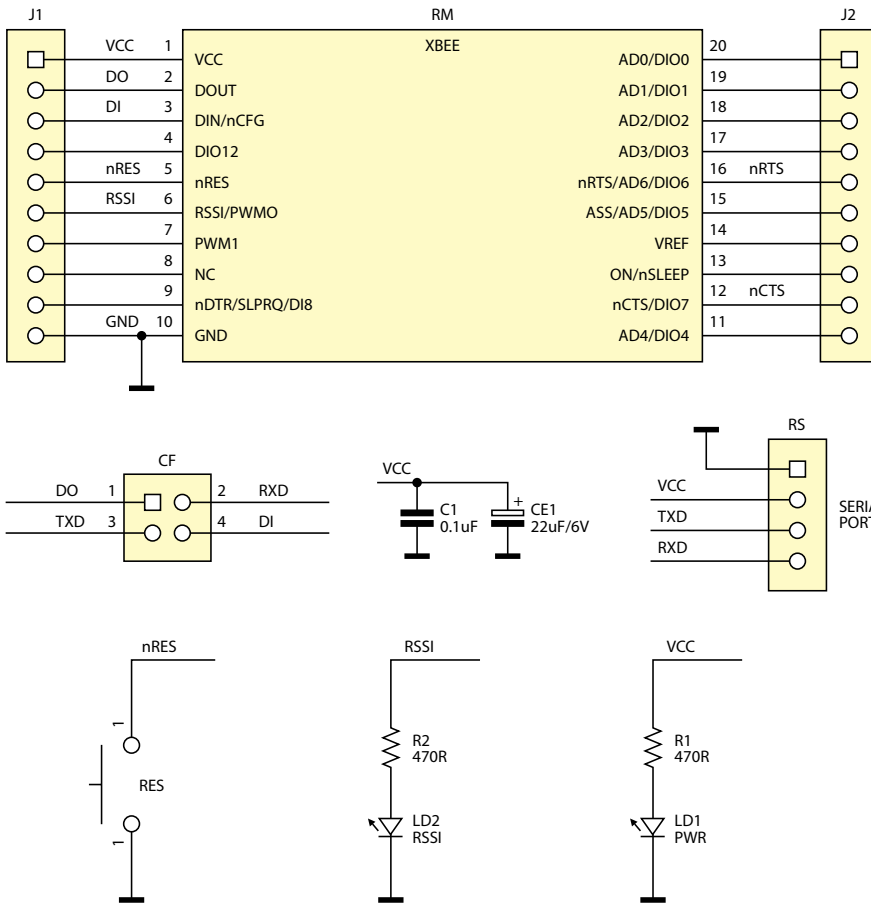
Rysunek 12. Schemat montażowy modułu Xbee_PC

Szybkie sprawdzenie modułu jest możliwe we współpracy z komputerem PC za pomocą adaptera Xbee_PC. Dla dekodowania danych można użyć programu np. PolarView. Podobnie jak dla RN42, przed zastosowaniem we własnej aplikacji konieczne jest zapoznanie się z notą katalogową L80 ze strony Quectel. Ciekawym przykładowym zastosowaniem modułu może być synchronizacja czasu Raspberry Pi z dostępnym w systemie GPS.

Dla ułatwienia eksperymentów z modułami Digi i GPS opracowane zostały dwa pomocnicze interfejsy sprzętowe Xbee_PC i Xbee_Mini, których schematy ideowe i montażowe pokazano na **rysunkach od 11 do 14**. Zadaniem Xbee_PC jest umożliwienie bezpośredniej komunikacji pomiędzy PC, a dowolnym z opisanych modułów za pomocą konwertera USB-COM typu FT230XS. Ułatwia to konfigurowanie modułów Xbee (oprogramowanie Digi – XCTU), BT, GPS oraz realizację transmisji radiowej pomiędzy płytkami uruchomieniowymi, a PC podczas zdalnej akwizycji danych pomiarowych. Moduł ma wbudowany zasilacz 3,3 V dla modułu Xbee, sygnalizację transmisji za pomocą diod LED, poziomu sygnału RSSI (jeżeli moduł udostępnia) oraz przycisk zezwolenia. Dwa moduły umożliwiają wykonanie linku radiowego (COM) pomiędzy komputerami PC przy wykorzystaniu modułów



Rysunek 11. Schemat ideowy modułu Xbee_PC



Rysunek 13. Schemat ideowy modułu Xbee_Mini

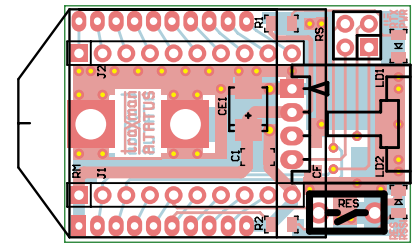
Xbee lub BT. Moduł Xbee_Mini umożliwia połączenie modułów Xbee poprzez port szeregowy (CMOS 3,3 V) z płytkami uruchomieniowymi bez gniazda Xbee np. STM32. Sygnał portu szeregowego i zasilania jest doprowadzony do złącza RS, zwory CF umożliwiają przełączenie sygnałów RXD/TXD, aby możliwe było zastosowanie typowego kabla SIP4 łączącego „na wprost”, 1:1. Układ uzupełniają diody sygnalizujące załączenie zasilania i poziom sygnału radiowego. Przycisk RES służy do restartu modułu Xbee. Moduł ułatwia też zastosowanie Xbee na standardowych płytkach prototypowych.

Dla ułatwienia aplikacji modułów na **rysunku 15** pokazano zaczerpnięty z dokumentacji firmy Digi wykaz wyprowadzeń dla najpopularniejszych typów modułów. Wszystkie opisane moduły wykorzystują tylko wyprowadzenia DO/UT/DIN, zasilanie VCC/GND oraz nRES, jeżeli konieczny

do poprawnej pracy. Pozostałe wyprowadzenia są niepodłączone.

O ile używanie modułów opracowanych na potrzeby komunikacji szeregowej nie wymaga szerszego opisu, to moduły firmy Digi wymagają kilku uwag:

- Wszystkie moduły wymagają zasilania 3,3 V. Pobór prądu jest zależny od typu modułu i wynosi od kilku do kilkuset mA (moduły Pro o zwiększonym zasięgu).
- Sygnały I/O zgodne są ze standardem CMOS 3,3 V. Przekroczenie dopuszczalnego napięcia spowoduje uszkodzenie GPIO. Sygnały analogowe I/O, jeżeli są dostępne, wymagają poprawnego skonfigurowania i zachowania zakresu napięcia wejściowego. Domyślnie jest to 0...2 V.
- Podczas zakupu modułów należy zwrócić uwagę, że moduły Xbee dostępne



Rysunek 14. Schemat montażowy modułu Xbee_Mini

są z różnym oprogramowaniem: seria „1” umożliwia tylko i wyłącznie zestawienie łącza punkt-punkt bez późniejszej możliwości zmiany na wersję sieciową, seria „2” umożliwia realizację dowolnej topologii sieci. Niestety, nie jest możliwa współpraca modułów serii „1” i „2” nawet podczas realizacji transmisji punkt-punkt. Oczywiście, moduły z serii „1” są tańsze i wystarczające w większości zastosowań.

- Moduły Xbee są domyślnie skonfigurowane do transmisji szeregowej 9600, 8, n, 1.
- Dwa moduły umożliwiają bezpośrednią transmisję radiową pomiędzy dwoma urządzeniami bez dodatkowej programowej ingerencji w konfigurację modułu.

- Dla zmiany konfiguracji modułu Xbee lub zmiany firmware z poziomu PC konieczne jest oprogramowanie XCTU dostępne na stronie internetowej Digi Inc.

W celu wykonania własnej aplikacji jest konieczna szczegółowa analiza dokumentacji modułu Xbee. Polecam też książkę „Building Wireless Sensor Networks” Roberta Faludi wyd. O’Reilly, w której „łopatologicznie” opisano zastosowanie modułów Xbee we współpracy z Arduino. Pozwala to na w miarę bezbolesne zapoznanie się z ich możliwościami i sposobem zastosowania we własnych urządzeniach.

Podsumowanie

Użytkowanie modułów jest łatwe. Należy tylko wybrać współpracujące platformy uruchomieniowe, zestawić moduły zapewniające wymagany standard komunikacji, a czasem zaglądnąć do odpowiedniej dokumentacji.

Adam Tatuś, EP

	HC06BT	XBEE	ZigBEE	XBEE WIFI	XBEE WIFI	ZigBEE	XBEE	HC06BT
1	VCC	VCC	VCC	VCC	AD0/DIO0	AD0/DIO0/COMISIONBTN	AD0/DIO0	NC 20
2	TXD	TXD	TXD	TXD/DIO13	AD1/DIO1/SPI_nATTN	AD1/DIO1	AD1/DIO1	NC 19
3	RXD	RXD	RXD	RXD/nCONF/DIO14	AD2/DIO2/SPI_CLK	AD2/DIO2	AD2/DIO2	NC 18
4	NC		DIO12	DIO12/SPI_MISO	AD3/DIO3/SPI_nSSEL	AD3/DIO3	AD3/DIO3	NC 17
5	nRES	nRES	nRES	nRES	nRTS/DIO6	nRTS/AD6/DIO6	nRTS/AD6/DIO6	NC 16
6	NC	RSSI/PWM0	RSSI/PWM0/DIO10	DIO10/PWM0	ASS/DIO5	ASS/DIO5	ASS/AD5/DIO5	NC 15
7	NC	PWM1	DIO7	DIO11/PWM1	VREF	VREF	VREF	NC 14
8	NC				ON/nSLEEP/DIO9	ON/nSLEEP	ON/nSLEEP	NC 13
9	NC	nDTR/SLEEP_RQ/DI8	nDTR/SLEEP_RQ/DI8	nDTR/SLEEP_RQ/DI8	nCTS/DIO7	nCTS/DIO7	nCTS/DIO7	NC 12
10	GND	GND	GND	GND	AD4/DIO4/SPI_MOSI	DIO4	AD4/DIO4	NC 11

Rysunek 15. Rozmieszczenie wyprowadzeń popularnych modułów Xbee