

Płytki uruchomieniowej z mikrokontrolerem Precision32


**AVT
1772**

Prezentujemy projekt płytki uruchomieniowej z mikrokontrolerem z rodziny Precision32 firmy Silicon Labs opartym na rdzeniu ARM Cortex-M3. Płytki jest uzupełnieniem artykułów nt. mikrokontrolerów Precision32 publikowanych w EP w 2013 r.



Niezwykle popularnymi w ostatnim czasie narzędziami, z których korzystają elektronicy, są niedrogie płytki uruchomieniowe z mikrokontrolerem. W ogólnym pojęciu płytki tego typu to konstrukcja zbudowana tylko z komponentów, które potrzebne są do zaprogramowania i poprawnego działania mikrokontrolera. Zgodnie z tą ideą na płytce, oprócz mikrokontrolera, zintegrowany jest obwód zasilania dla mikrokontrolera, obwód taktujący mikrokontroler, obwód generowania sygnału *reset* mikrokontrolera oraz rozszerzeniowe złącza sygnałowe, do których za pomocą ścieżek dołączono sygnały z wyprowadzeń mikrokontrolera. Dodatkowo, na płytce znajduje się programator/debuger lub złącze do dołączenia zewnętrznego programatora/debugera. Dzięki małej liczbie komponentów składowych płytka cechuje się ni-

ską ceną zakupu lub budowy, ale mimo tego stanowi ona kompletną platformę sprzętową pozwalającą na pracę z mikrokontrolerem.

Prezentowana płytka uruchomieniowa jest przeznaczona dla mikrokontrolera z rodziny Precision32. Jej projekt powstał w oparciu o analizę dostępnych na stronie

internetowej firmy Silicon Labs materiałów: dokumentacji technicznej dla mikrokontrolerów Precision32 (*datasheet, reference manual*) oraz schematu elektrycznego płytki SIM3U1xx-B-DK z mikrokontrolerem z rodziny Precision32.

Zastosowany na płytce mikrokontroler to model SIM3U167-B-GQ. Jego parametry techniczne przedstawiono w tabeli 1.

Na płytce zamiast SIM3U167-B-GQ mogą zostać wlutowane inne modele z rodziny Precision32, kompatybilne sprzętowo (*pin-to-pin*) z SIM3U167-B-GQ. Są to następujące układy: SIM3U157-B-GQ, SIM3C167-B-GQ, SIM3C157-B-GQ. W porównaniu do SIM3U167-B-GQ, SIM3U157-B-GQ ma mniejszą pamięć Flash (128 kB), SIM3C167-B-GQ nie ma interfejsu USB, a SIM3C157-B-GQ łączy cechy pierwszego i drugiego.

Schemat ideowy płytki uruchomieniowej pokazano na rysunku 1. Napięcie zasilania jest dostarczane z gniazda USB (X1). Ma ono wartość +5 V. Jest ono dołączone do dwóch wyprowadzeń mikrokontrolera: VBUS (poziom na tej linii sygnalizuje czy urządzenie USB jest dołączone do mikrokontrolera) i VREGIN (wejście dla zintegrowanego w mikrokontrolerze regulatora napięcia). Wewnątrz mikrokontrolera napięcie jest przetwarzane przez regulator z poziomu 5 V do wartości 3.3 V. Wyjściem regulatora jest wyprowadzenie VDD. Między ścieżkami połączonymi z wyprowadzeniami VBUS, VREGIN i VDD a masą umieszczone zostały po dwa kondensatory ceramiczne

Tabela 1. Specyfikacja mikrokontrolera SIM3U167-B-GQ

Nazwa parametru	Wartość
Rdzeń	ARM Cortex-M3
Napięcie zasilania	2,7...5,5 V (z włączonym regulatorem napięcia) 1,8...3,6 V (z wyłączonym regulatorem napięcia)
Częstotliwość taktowania	do 80 MHz
Ilość pamięci FLASH	256 kB
Ilość pamięci SRAM	32 kB
Liczba portów I/O (wejścia/wyjścia)	65
Peryferia licznikowe i czasowe	Timer0, Timer1, Low Power Timer, Watchdog, RTC, PCA0, PCA1, EPCA0
Peryferia zasilania	Regulator napięcia, regulator napięcia zasilający układy peryferyjne (na zewnątrz mikrokontrolera), mechanizm Brown-out Detect/Reset, moduł monitorujący napięcie zasilania
Peryferia analogowe	2 przetworniki A/C (12-bitowe, 16 kanałów każdy), 2 komparatory, przetwornik pojemnościowo-cyfrowy (16 kanałów), przetwornik C/A (10-bitowy, 2 kanały), przetwornik prądowo-napięciowy, czujnik temperatury
Interfejsy komunikacyjne	USB, 2×USART (IrDA, SmartCard), 2×UART, 3×SPI, 2×I ² C, I ² S, EMIF
Interfejs programowania/ debugowania	JTAG, SWD, ETM
Pozostałe zasoby	6 wysokoprądowych (300 mA) linii I/O, moduł DMA, 12 linii z tolerancją napięcia 5 V, moduł obliczający CRC, moduł szyfrujący AES, wewnętrzne źródła zegarowe, mechanizm Crossbar
Temperatura pracy	od -40 °C do 85 °C
Obudowa	TQFP80 (12×12 mm)
Liczba wyprowadzeń	80

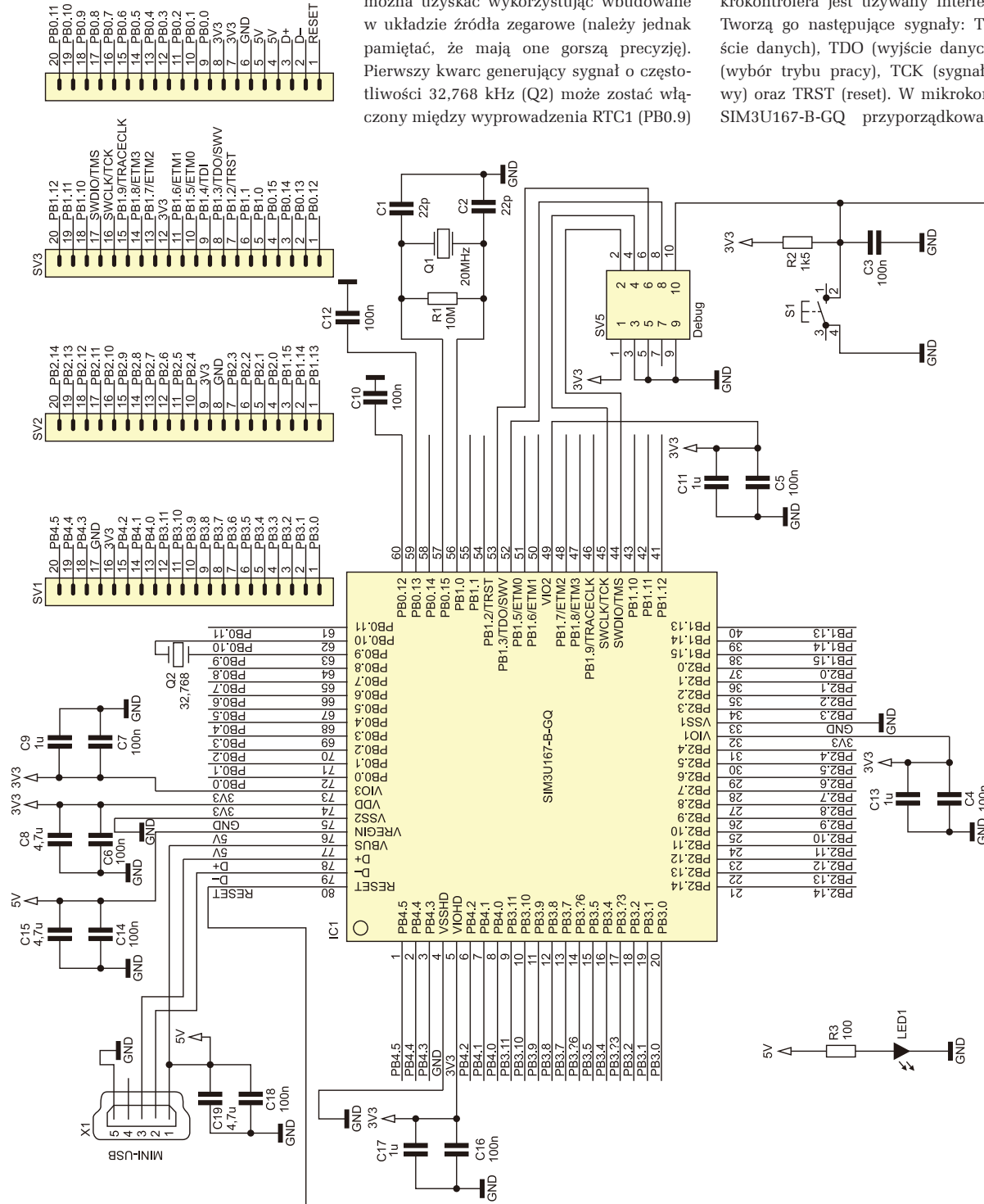
w celu filtrowania napięcia: jeden o pojemności 4,7 μF (C8, C15, C19) i jeden o pojemności 100 nF (C6, C14, C18). Napięcie 3,3 V jest doprowadzone do wszystkich wyprowadzeń zasilających mikrokontroler: VIOHD, VIO1, VIO2 i VIO3. Analogicznie rozproszona jest masa do wyprowadzeń 0 V: VSSHD, VSS1 i VSS2. Między potencjałami dodatnimi i masą umieszczono po dwa kondensatory ceramiczne – podobnie jak wcześniej – w celu filtrowania napięcia:

jeden o pojemności 1 μF (C17, C13, C11, C9) i jeden o pojemności 100 nF (C16, C4, C5, C7).

Kolejnym fragmentem schematu elektrycznego jest obwód taktujący mikrokontroler. Przewidziane zostało miejsce na podłączenie do układu dwóch zewnętrznych rezonatorów kwarcowych. Ich obecność jest opcjonalna, gdyż taktowanie z maksymalną częstotliwością i możliwość działania wszystkich peryferiów mikrokontrolera można uzyskać wykorzystując wbudowane w układzie źródła zegarowe (należy jednak pamiętać, że mają one gorszą precyzję). Pierwszy kwarc generujący sygnał o częstotliwości 32,768 kHz (Q2) może zostać włączony między wyprowadzenia RTC1 (PB0.9)

i RTC2 (PB0.10). Drugi kwarc, generujący sygnał o częstotliwości 20 MHz (Q1), może zostać włączony między wyprowadzenia XTAL1 (PB0.15) i XTAL2 (PB1.0). Pomiędzy ścieżkami łączącymi kwarc Q2 z mikrokontrolerem znajduje się miejsce dla opornika o rezystancji 10 M Ω (R1). Pomiędzy każdą ze ścieżek a masą jest przewidziane miejsce na kondensator ceramiczny o pojemności 22 pF (C1, C2).

Do programowania i debugowania mikrokontrolera jest używany interfejs JTAG. Tworzą go następujące sygnały: TDI (wejście danych), TDO (wyjście danych), TMS (wybór trybu pracy), TCK (sygnał zegarowy) oraz TRST (reset). W mikrokontrolerze SIM3U167-B-GQ przyporządkowane tym



Rysunek 1. Schemat elektryczny płytki z Precision32

sygnałom wyprowadzenia zostały połączone z gniazdem SV5. W standardzie JTAG przypisano sygnały do odpowiednich miejsc w gnieździe sygnałowym. Przypisanie jest następujące: sygnał TMS – pin nr 2, TCK – 4, TDO – 6, TDI – 8, TRST – 10. Ponadto piny 3, 5 i 7 muszą być połączone z masą, a pin 1 z napięciem zasilania. Zgodnie z tą regulacją połączono piny gniazda SV5 do zasilania, masy i interfejsu JTAG mikrokontrolera.

Obwód zerowania mikrokontrolera składa się on z trzech elementów: przycisku S1, opornika o rezystancji 1,5 kΩ (R2) i kondensatora ceramicznego o pojemności 100 nF (C3). Przycisk włączono pomiędzy linię RESET i masę. Wciśnięcie przycisku powoduje wyzerowanie doprowadzenia RESET, co skutkuje restartem mikrokontrolera. Opornik jest włączony między linię RESET i napięciem zasilania. Ustala on na linii RESET poziom wysoki. Kondensator umieszczono między linią RESET i masą. Niweluje on efekt wielokrotnych zmian stanu sygnału będących efektem drgania styków przycisku w trakcie jego naciskania i zwalniania.

W celu sygnalizacji obecności napięcia zasilania zastosowano diodę LED (LED1). Jest ona włączona pomiędzy +5 V a masę, dzięki czemu po podłączeniu zasilania dioda będzie informować o jego obecności poprzez świecenie. W szereg z diodą włączono opornik 100 Ω (R3) w celu ograniczenia wartości prądu płynącego przez diodę LED.

Aby do mikrokontrolera można było w wygodny sposób dołączać układy, systemy lub urządzenia dodatkowe, każde wyprowadzenie układu zostało połączone z odpowiadającym mu pinem jednej z czterech list kołkowych (SV1, SV2, SV3, SV4).

Wspomniane już gniazdo USB nie pełni tylko roli gniazda zasilania. Oprócz napięcia 5 V i masy doprowadzone są do niego również linie D+ i D- z mikrokontrolera. Dzięki temu po dołączeniu przewodu USB z jednej strony do gniazda płytki, a z drugiej do gniazda urządzenia zewnętrznego, poprzez

tenże przewód można realizować transmisję danych zgodnie ze standardem USB.

Kondensatory ceramiczne o pojemności 100 nF (C10, C12) dołączone do wyprowadzeń PB0.12 i PB0.13 pełnią rolę filtru: pierwszy na wyjściu regulatora napięcia pozwalającego zasilać układy peryferyjne mikrokontrolera, drugi na wyjściu przetwornika C/A.

Schemat montażowy płytki z Precision32 pokazano na rysunku 2. W centralnej części płytki umieszczono mikrokontroler. Wszystkie kondensatory ceramiczne filtrujące zasilanie umieszczono możliwie blisko wyprowadzeń zasilających mikrokontrolera. Pozostałe elementy – gniazdo USB, obwód taktujący, złącze do programowania/debugowania i obwód zerowania umieszczono na skraju jednej ze stron płytki.

Płytkę ma wymiary 75 mm×66 mm.

Montaż płytki należy rozpocząć od przylutowania mikrokontrolera. Jego obudowa to TQFP80 z rastrem 0,5 mm, dzięki czemu układ można w łatwy sposób przylutować korzystając ze standardowych narzędzi montażowych: pęsety do precyzyjnego ułożenia mikrokontrolera na płytce oraz lutownicy (lub stacji lutowniczej) do połączenia cyną wyprowadzeń mikrokontrolera ze ścieżkami płytki. Po przylutowaniu mikrokontrolera można przystąpić do montażu kolejnych podzespołów. Należy zacząć od najmniejszych komponentów, a więc elementów SMD – kondensatorów ceramicznych, diody LED oraz rezystorów. Następnie można przystąpić do przytwierdzenia większych elementów powierzchniowych – gniazda USB, kwarców oraz gniazda do programowania/debugowania.

Precision32 – jeden układ, wiele możliwości

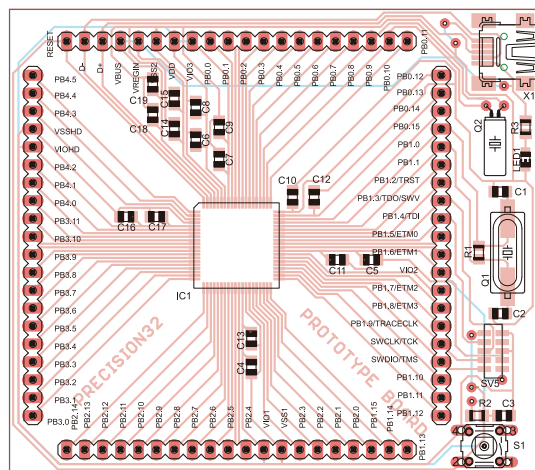
Konstrukcja przedstawionej płytki dobrze obrazuje jedną z zalet mikrokontrolerów z rodziny Precision32, która jest jednocześnie cechą wyróżniającą te układy na rynku.

Różno wśród produktów film konkurencyjnych szukać mikrokontrolerów, w których zintegrowanych zostało łącznie tyle niestandardowych peryferiów. Dzięki temu możliwe jest uproszczenie wielu aplikacji poprzez zastosowanie mikrokontrolera z rodziny Precision32 zamiast użycia innego mikrokontrolera połączonego z pewną liczbą dodatkowych układów. Pozwala to zmniejszyć pobór prądu, koszt i gabaryty urządzenia. Zauważmy, że:

Na płytce brak jest układu scalonego będącego regulatorem napięcia. Dzięki wbu-

W ofercie AVT*
AVT-1772 A
Podstawowe informacje:
 • BRAK!!!!
Wykaz elementów:
 R1: 1 MΩ (SMD 0805)
 R2: 1, kΩ (SMD 0805)
 R3: 100 Ω (SMD 0805)
 C1, C2: 22 pF (SMD 0805)
 C3 ... C7, C10, C12, C14, C16, C18: 100 nF (SMD 0805)
 C9, C11, C13, C17: 1 μF (SMD 0805)
 C8, C15, C19: 4,7 μF (SMD 0805)
 IC1: SIM3U167-B-GQ
 LED1: dioda LED (0805)
 Q1: 20.000 MHz SMD
 Q2: 32,768 kHz SMD
 SV1...SV4: listwa kołkowa 1×20 pin THT, raster 2,54 mm
 SV5: listwa kołkowa 2×5 pin SMD, raster 1,27 mm
 X1: gniazdo USB mini SMD
Dodatkowe materiały na CD lub FTP:
<ftp://ep.com.pl>, user: 41650, pass: 742qofb6
 • wzory płytek PCB
 • karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym
Projekty pokrewne na CD/FTP:
 (wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)
 AVT-5311 ZEAVR – Płytkę ewaluacyjną dla mikrokontrolerów Atmega8 i Atmega32 EP 9/2011
 AVT-1620 Cortexino - Kompatybilna z Arduino płytka z LPC1114 EP 5/2011
 AVT-5288 Zestaw ewal. Dla FPGA EP 4/2011
 AVT-5275 ZEPIC - Zestaw ewaluacyjny dla mikrokontrolerów PIC EP 2/2011
 AVT-5175 SARGE – jednokładowy komputer 32-bitowy EP 2/2009
 AVT-2875 LogicMaster – płytka prototypowa dla CPLD EdW 8/2008
 AVT-971 Zestaw uruchomieniowy USB z PIC18F4550 EP 2-3/2007
 AVT-939 Zestaw startowy dla mikrokontekstów ST7FLITE2x EP 7-8/2006
 AVT-920 Zestaw startowy z MSP430F413 EP 2-3/2006
 AVT-992 Zestaw uruchomieniowy dla procesorów rodzin AVR i `51 EP 1/2001

* Uwaga:
 Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:
 AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.
 AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.
 AVT xxxx A+ płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.
 AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymieniony w załączniku pdf to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wlutowane 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 (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można pobrać, 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>



Rysunek 2. Schemat montażowy płytki z Precision32

cią i może korzystać z każdego ze zintegrowanych peryferiów – włącznie z zegarem czasu rzeczywistego i interfejsem komunikacyjnym USB). Pozwala to na wyeliminowanie kwarców zewnętrznych.

Na płytce sygnały z gniazda USB są bezpośrednio podłączone do wyprowadzeń mikrokontrolera. Kompletny interfejs USB 2.0 Full Speed (PHY, obwód terminujący, rezystor dołączony do linii USB D+) eliminuje potrzebę dołączenia do mikrokontrolera jakichkolwiek komponentów, potrzebnych do komunikacji USB.

Dodatkowo w niektórych aplikacjach docelowych użytkownik może wykorzystać

inne zasoby wewnętrzne mikrokontrolera, które w przypadku zastosowania innych mikrokontrolerów przeważnie musiałyby mieć postać oddzielnych układów scalonych:

Regulator napięcia EXTREG0 pozwala wyeliminować zewnętrzny regulator napięcia i zasilac zewnętrzne układy scalone bezpośrednio z mikrokontrolera (możliwe jest ustawienie napięcia wyjściowego o wartości z przedziału 1.8...3.6 V z krokiem 100 mV, wydajność prądowa regulatora wynosi 1 A).

6 wysokoprądowych linii I/O (każda o maksymalnej wartości prądu wyjściowego 300 mA) pozwala na bezpośrednie sterowanie z mikrokontrolera np. diod LED dużej

mocy, buzzerów itp., eliminując potrzebę stosowania zewnętrznych tranzystorów sterujących.

Przetwornik pojemnościowo-cyfrowy pozwala na bezpośredni odczyt przez mikrokontroler stanów przycisków pojemnościowych, eliminując konieczność stosowania zewnętrznego kontrolera lub przycisków mechanicznych.

Szymon Panecki
Wydział Elektroniki
Politechnika Wrocławska
szymon.panecki@pwr.wroc.pl

Xbee Mini – łączność bezprzewodowa

Układy FTDI przeniosły komunikację szeregową z portów RS na USB, natomiast moduły Digi uwalniają komunikację od kabli i przenoszą ją na fale radiowe.

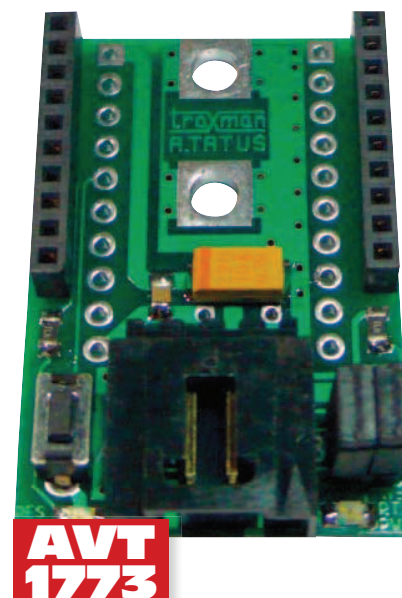
Oferta firmy Digi w zakresie modułów komunikacji bezprzewodowej stale się rozszerza, dostępne są moduły OEM, uwalniające projektanta od konieczności żmudnego projektowania części radiowej i aplikacji wybranego protokołu komunikacyjnego, co znacząco skraca czas opracowania projektu. Xbee, ZigBee oraz najnowszy Wi-Fi dają wybór w sposobie realizacji transmisji bezprzewodowej. W zależności od wersji modułu, możliwa jest komunikacja na odległość od kilku metrów do kilku kilometrów. Moduły Xbee i Zigbee, oprócz realizacji łączności punkt-punkt, umożliwiają budowę złożonej, wielopunktowej sieci radiowej wraz z całą infrastrukturą komunikacyjną, taką jak routery, koordynatory itp. Wszystkie moduły radiowe mają identyczny rozkład wyprowadzeń, co zdecydowanie ułatwia rozbudowę

lub zmianę standardu komunikacji bez przeprojektowywanie urządzenia.

Wyprowadzenia i konstrukcja mechaniczna stała się nieformalnym standardem i dostępne są także moduły innych producentów zgodne mechanicznie np. bardzo popularny HC06 z interfejsem Bluetooth oraz zamienniki modułów Digi uproszczonych funkcjonalnie i nieco tańszych firmy Maxstream.

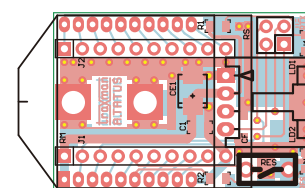
W zależności od oczekiwanego zasięgu komunikacji w ofercie Digi dostępne są moduły serii Pro o zwiększonej mocy nadajnika. Każdy z modułów produkowany z możliwością wyboru typu anteny, od wbudowanej (drurowej lub paskowej) bardzo wygodnej w zastosowaniach, ale o najmniejszym zasięgu i narzucającej pewne ograniczenia na konstrukcję urządzenia) po zewnętrzne z dostępnymi kilkoma rodzajami typowych złącz antenowych (UFL, RPSMA). Możliwy w zależności od warunków środowiskowych jest też dobór pasma radiowego: 868MHz, 900MHz, 2.4GHz. Większość z modułów ma wbudowane i konfigurowane wejścia/wyjścia analogowe oraz cyfrowe umożliwiające budowanie sieci monitoringu bez dodatkowego sprzętu. Aby ułatwić zastosowanie z modułów Digi opracowano niewielki interfejs sprzętowy, którego schemat pokazano na **rysunku 1**.

Moduły ze względu na rozstaw wyprowadzeń w rastrze 2mm są nieco uciążliwe przy szybkim prototypowaniu układów, nie nadają się niestety ani

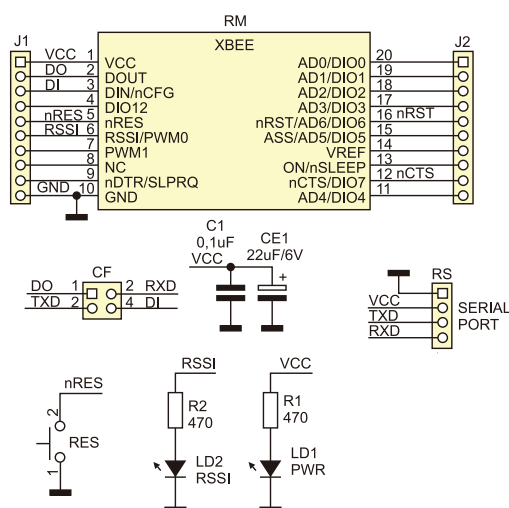


do płytek prototypowych, ani stykowych, lutowanie przewodów do delikatnych złącz modułu także nie jest najlepszym rozwiązaniem. Lepiej wydać te kilka PLN i zastosować przejściówkę Xbee_Mini, a przy okazji uchronić drogi moduł przed przypadkowym uszkodzeniem.

Zaprojektowana płytka ma złącza dla modułów Digi o rozstawie 2 mm, umożliwia stosowanie nieco większych gabarytami wersji Pro o zwiększonej mocy wyjściowej. Wszystkie wyprowadzenia modułów są dołą-



Rysunek 2. Schemat montażowy płytki Xbee Mini



Rysunek 1. Schemat ideowy płytki Xbee Mini