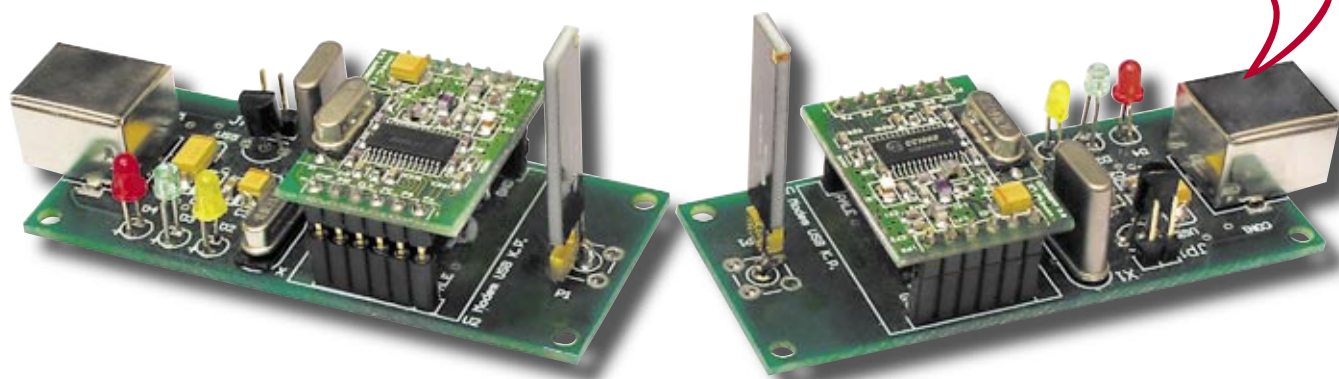


Radiomodem z USB

AVT-381

**PROJEKT
Z OKŁADKI**



W ostatnim czasie można zaobserwować szybki wzrost liczby oferowanych urządzeń komunikujących się bezprzewodowo. Największe zapotrzebowanie na ten rodzaj transmisji obserwuje się w sprzęcie komputerowym oraz telefonii komórkowej.

W artykule przedstawiamy przykład konstrukcyjny nowoczesnego radiomodemu z interfejsem USB.

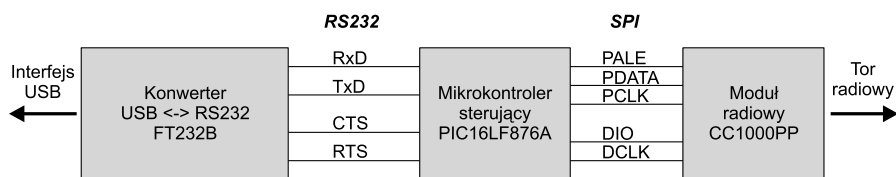
Rekomendacje:
szczególnie polecamy tym użytkownikom komputerów, którzy chcą samodzielnie wykonać bezprzewodowe połączenie pomiędzy komputerami, a także twórcom nowoczesnych aplikacji telemetrycznych.

Największą popularnością cieszą się dwa rodzaje transmisji bezprzewodowej: transmisja w podczerwieni oraz transmisja radiowa. Pierwotnie, w aplikacjach lokalnych, podczerwień cieszyła się większym powodzeniem, ale obecnie jest ona wypierana przez tory radiowe różnego typu. Najpoważniejszymi wadami torów IR (*InfraRed*) są niewielkie uzyskiwane zasięgi oraz konieczność zapewnienia wzajemnej widzialności urządzeń. Znacznie większe możliwości oferuje komunikacja radiowa, która pozwala na oddalenie współpracujących ze sobą urządzeń, a także uzyskanie znacznie większych prędkości transmisji. Głównym polem zastosowań komunikacji radiowej są obecnie sieci komputerowe (*Wireless LAN* – do 108 Mbd) oraz urządzenia z interfejsami Bluetooth (do 4 Mbd).

Modem radiowy, którego budowę opisano w artykule, umożliwia przesył danych z mniejszymi prędkościami, ale zyskała na tym prostota konstrukcji. Dane można przysyłać w trybie *half-duplex* z prędkością równą 9600 bd i mocą +10 dBm. Schemat blokowy urządzenia pokazano na **rys.1**. Sprzężenie z komputerem odbywa się poprzez interfejs USB, dzięki czemu instalacja jest bardzo prosta, a dodatkowo do pracy nie jest wymagane zewnętrzne zasilanie, gdyż do zasilania modemu wykorzystano napięcie dostępne na tym złączu. Tor radiowy został wykonany przy użyciu prezentowanych już na łamach EP modułów radiowych firmy

Chipcon typu CC1000PP. Transmisja radiowa jest realizowana przez te moduły, na ich wyjściu otrzymuje się sygnały cyfrowe odpowiadające przesyłanym danym. Ponieważ transmisja radiowa, oprócz danych użytecznych, musi zawierać dodatkowe informacje związane z synchronizacją nadajnika z odbiornikiem, nie jest możliwe bezpośrednie przesyłanie danych odbieranych z komputera. Są one formowane w ramki o maksymalnej długości 64 B, z czego 54 B przeznaczono na dane, a pozostałe służą do sygnalizacji. Jeśli długość pakietu danych wysyłanych przez komputer przekracza 54 B, to modem wstrzymuje przesyłanie danych z komputera sygnałem CTS i wysyła pakiet drogą radiową. Następnie odbierana jest kolejna paczka bajtów z komputera i wysyłana radiowo. Dzięki temu można przysyłać pliki przekraczające pojemność bufora modemu bez obawy o utratę danych. Dodatkową zaletą jest „przeźroczystość” transmisji, co oznacza, że modem przesyła dowolne dane zorganizowane bajtowo, a nie tylko znaki ASCII. Szczegóły realizacji transmisji zostaną omówione w dalszej części artykułu. Sprzężenie modemu z interfejsem USB zostało wykonane przy użyciu scalonego konwertera USB<->RS232, dzięki czemu z punktu widzenia mikrokontrolera sterującego modemem komunikacja z komputerem przebiega w taki sam sposób jak poprzez standardowy port RS232. Prędkość tej transmisji jest ustalona na 57600 bd, aby jak naj-





Rys. 1. Schemat blokowy modemu

szybciej przesyłać dane pomiędzy komputerem i mikrokontrolerem.

Podstawowe parametry modemu przedstawiono w **tab.1**. Jak widać modem, nie może być zastosowany do przesyłania plików o dużej objętości i nie nadaje się do stworzenia bezprzewodowej sieci komputerowej, jednak z powodzeniem można przysyłać nim, na przykład niewielkie pliki tekstowe, wysłać wyniki pomiarów z jakiegoś czujnika czy przeprowadzić rozmowę w postaci tekstowej w sposób zbliżony do tego, który ma miejsce w komunikatorach internetowych.

Opis budowy

Schemat elektryczny modemu przedstawiono na **rys.2**. Urządzenie składa się z dwóch zasadniczych części: konwertera USB<->RS232 oraz modemu radiowego wykonanego na module CC1000 (U2) i sterującego nim mikrokontrolera. Konwersja USB<->RS232 jest wykonywana przez specjalizowany układ FT232BM, dzięki czemu po podłączeniu do komputera na wyjściu układu otrzymuje się sygnały zgodne ze standardem RS232.

Schemat konwertera USB<->RS232 jest typową aplikacją zalecaną przez producenta. Jedyną różnicą w stosunku do podstawowej aplikacji jest zastosowanie oddzielnego napięcia zasilania dla układu FT232BM oraz umieszczonego wewnątrz interfejsu wejścia/wyjścia. Cały układ jest zasilany bezpośrednio ze złącza USB napięciem o wartości 5V, natomiast moduł wejścia/wyjścia napięciem 3V. Potrzeba rozdzielania napięć zasilania wynika z faktu, że pozostałe elementy modemu pracują właśnie z takim napięciem zasilania, co w prosty sposób umożliwiło dopasowanie poziomów napięć. Do komunikacji układu FT232BM z mikrokontrolerem wykorzystywane są cztery linie: transmisyjne (RXD, TXD) i linie sterujące przepływem danych

(RTS, CTS). Sygnał CTS pozwala na zatrzymanie wysyłania danych przez komputer w przypadku zapełnienia bufora modemu, dzięki czemu nie następuje utrata danych, a tylko wstrzymanie transmisji na czas wysłania tych danych drogą radiową. Po wysłaniu pakietu danych drogą radiową modem zezwala na wysłanie przez komputer kolejnej „paczki” danych. Natomiast sygnał RTS informuje modem, czy komputer jest gotowy na odbiór danych. W modemie sygnał ten nie jest wykorzystywany i założono, że komputer jest zawsze gotowy. Założenie to wynika z faktu, że przesłanie danych z układu FT232BM do komputera przebiega znacznie szybciej niż z mikrokontrolera do układu FT232. Dodatkowo układ FT232 posiada wewnętrzną pamięć buforującą (FIFO) o pojemności 384 bajtów, co dodatkowo zapewnia gotowość do odbioru danych.

Sterowaniem całego modemu zajmuje się mikrokontroler typu PIC16LF876A. Jest to niskonapięciowa wersja mikrokontrolera przystosowana do pracy od napięcia zasilania równego 2V. Procesor pracuje z częstotliwością 10 MHz stabilizowaną zewnętrznym rezonatorem kwarcowym. Ze względu na obniżone napięcie zasilania konieczne stało się zastosowanie zewnętrznego układu generującego sygnał reset przy włączeniu zasilania. Moduł zawarty w mikrokontrolerze powoduje reset po obniżeniu napięcia poniżej wartości 4V i dlatego został wyłączony, a zastosowany został układ zewnętrzny reagujący na napięcie o wartości około 2,7V

typu MCP100-270. Zasilanie mikrokontrolera napięciem 3V jest podyktowane koniecznością przystosowania poziomów napięć wymaganych dla współpracy z modulem CC1000PP, który może być zasilany maksymalnym napięciem równym 3,6V. Zasilanie procesora takim napięciem obniża jego maksymalną częstotliwość pracy z wartości 20 MHz na 10 MHz, co zmniejsza jego moc obliczeniową. Jest to jednak najprostszy sposób dopasowania napięć mikrokontrolera i układu CC1000. Zasilanie procesora napięciem 5V wymagałoby zastosowania dodatkowych konwerterów napięć, co spowodowałoby rozbudowanie całego układu. A przy zastosowanym rozwiązaniu wszystkie układy mogą być połączone ze sobą bezpośrednio.

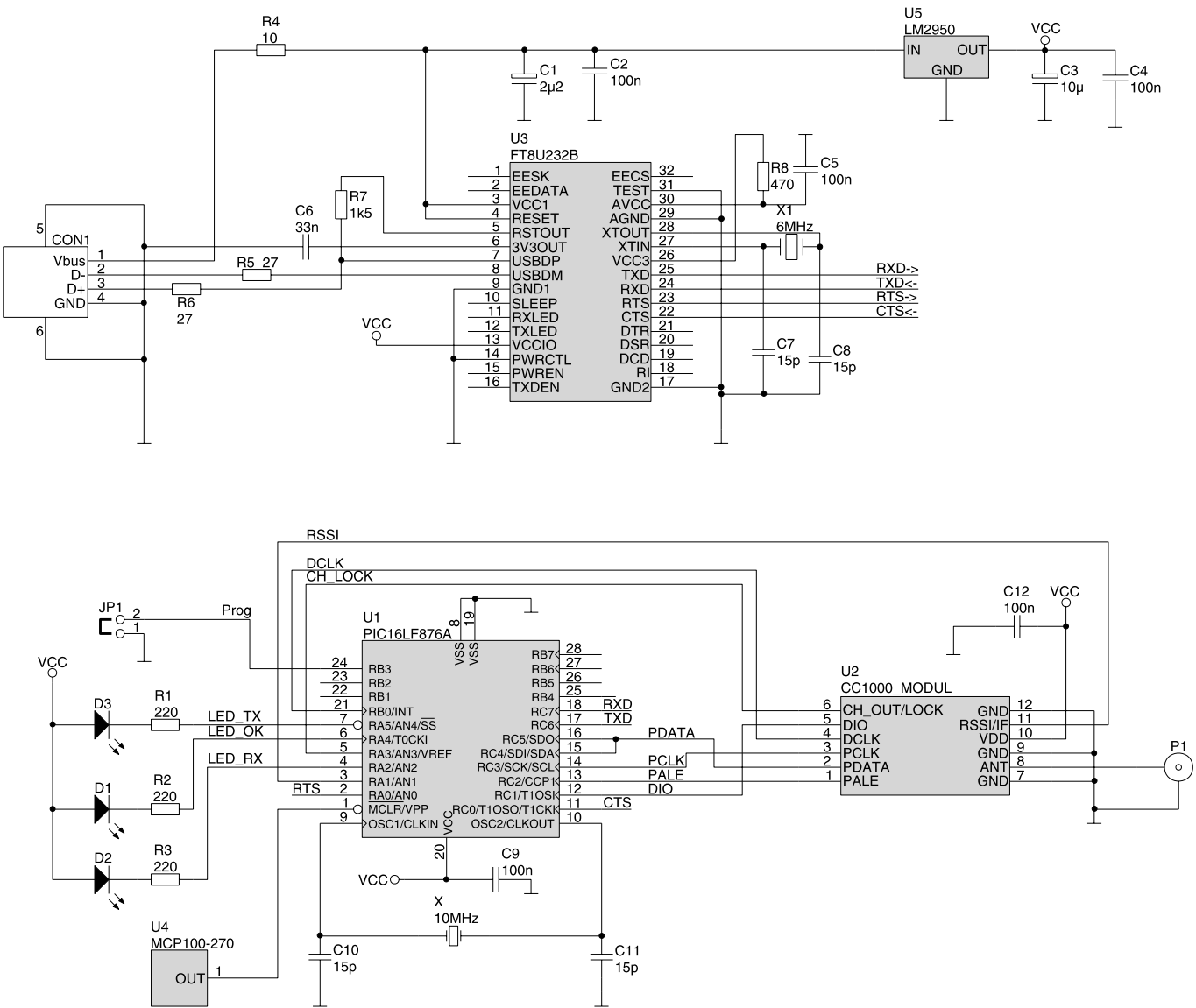
Komunikacja z modulem CC1000PP odbywa się poprzez trójprzewodowy interfejs SPI umożliwiając ustawienie parametrów pracy transmisji radiowej. Do wysyłania lub odbierania danych przesyłanych drogą radiową wykorzystywane są dwa dodatkowe sygnały oznaczone jako „DCLK” i „DIO”. Sygnał „DCLK” jest sygnałem zegarowym, w takt którego przesyłane są dane po linii „DIO”. Sygnał „DCLK” generowany jest przez moduł CC1000PP, natomiast po linii „DIO” może być przesyłana informacja zarówno w stronę mikrokontrolera, jak również od mikrokontrolera w stronę układu CC1000. Kierunek jest uzależniony od trybu pracy modułu. Częstotliwość sygnału zegarowego jest stała i zależna od prędkości w torze radiowym. Ponieważ w przedstawionym modemie jest ona ustalona na wartość 9600 bd, dlatego taki też sygnał występuje na wyjściu „DCLK”.

Do sygnalizacji stanu pracy modemu służą diody świecące D1... D3. Zworka JP1 służy do wyboru maksymalnej przerwy w transmisji danych z komputera (timeout), po której zakończy się odbiór danych i rozpocznie się transmisja radiowa.

Zasilanie modemu zostało zrealizowane za pomocą stabilizatora typu LP2950, na którego wyjściu otrzymuje się napięcie o wartości 3V wymagane do pracy modułu CC1000PP. Ponieważ modem pobiera niewielki

Tab. 1. Charakterystyka modemu z interfejsem USB

Interfejs USB
Zasilanie ze złącza USB
Transmisja radiowa z prędkością 9600 bd
Transmisja RS232 z prędkością 57600 bd
Praca half-duplex
Pakietowe przesyłanie danych ze sprzętowym sterowaniem przepływem
Maksymalna pojemność bufora danych wynosi 54 B
Przezroczystość transmisji
Moc nadajnika +10 dBm
Sygnalizacja stanu pracy za pomocą trzech diod świecących
Automatyczne przełączanie nadawanie/odbior



Rys. 2. Schemat elektryczny modemu

Preambuła (4B)	Bajt 0xCC	Bajt 0x33	Bajt 0x01	Liczba danych(1B)	Dane(Max 54B)
----------------	-----------	-----------	-----------	-------------------	---------------

Rys. 3. Budowa ramki danych wysyłanych drogą radiową

prąd (maksymalnie około 50 mA), więc zasilany jest bezpośrednio ze złącza USB, co znacznie upraszcza jego sprzężenie z komputerem.

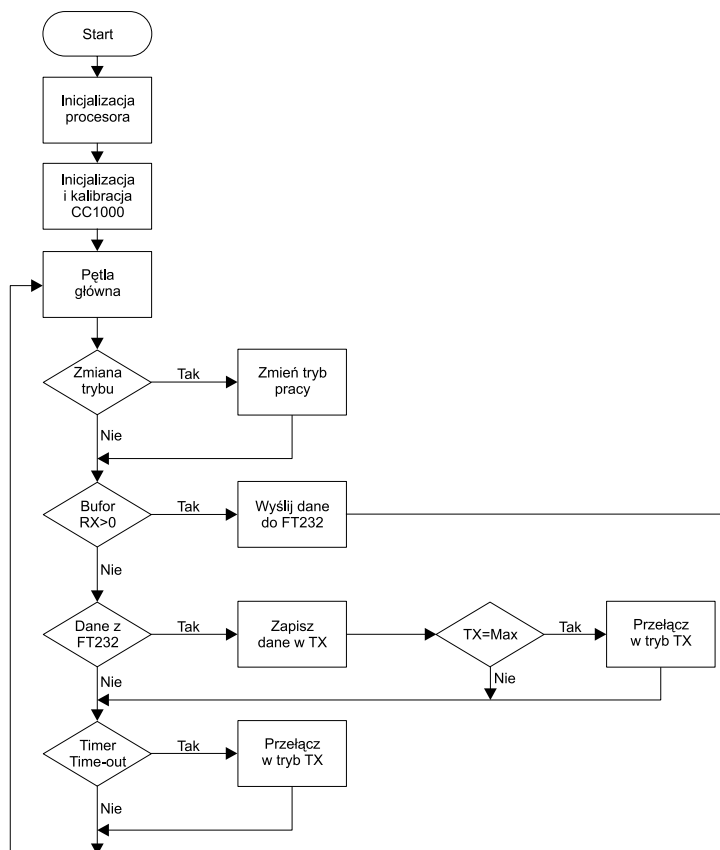
Zasada działania

Dane wysyłane drogą radiową formowane są w ramki zawierające dane pobrane z komputera oraz dodatkowe bajty kontrolne niezbędne dla poprawnej pracy modemu. Budowa pojedynczej ramki danych jest przedstawiona na rys.3.

Preambuła składa się z czterech bajtów, w których kolejne bity zmieniają się naprzemiennie 01010101.... Bity te mają na celu dopasowanie układu wejściowego w

modemie do odbioru danych. Kolejne dwa bajty są charakterystycznymi bajtami weryfikującymi - jeśli odbiornik odbierze prawidłowo te bajty o znanej wartości, to uznawane jest, że sygnał radiowy jest prawidłowy i można odbierać kolejne bajty. Następny bajt jest bajtem rezerwowym i w danej aplikacji nie jest wykorzystywany i przyjmuje wartość 01hex. Następny bajt określa ile bajtów danych zostanie wysłanych, liczba ta jest zmienna i zależy od tego ile bajtów zostało wysłanych z komputera do modemu. Pozostałe bajty określone jako „Dane” są właściwymi bajtami wysłanymi przez komputer.

Na rys.4 przedstawiony jest uproszczony algorytm pracy mikrokontrolera. Po włączeniu zasilania następuje inicjalizacja wszystkich parametrów pracy zarówno mikrokontrolera, jak również modułu CC1000PP. Po tej czynności układ CC1000 jest przystosowany do pracy z prędkością 9600bps i mocą nadawania +10dBm. W tym momencie znajduje się jednak w trybie odbiornika, a mikrokontroler pracuje w trybie oczekiwania (świeci tylko dioda D1-żółta). Dioda ta sygnalizuje także poprawną pracę modułu radiowego - jeśli modułu nie uda się skalibrować, to nie zostanie zapalona. Fakt ten



Rys. 4. Algorytm pracy mikrokontrolera

może sygnalizować uszkodzenie modułu radiowego.

W tym trybie sprawdzane jest, czy nie pojawiły się dane z komputera oraz na bieżąco analizowane są dane odbierane z modułu radiowego, aby wykryć ewentualny początek transmisji danych. W ten sposób modem przełącza się w tryb nadawania lub odbioru w zależności od tego, skąd nadeszły dane w pierwszej kolejności. Jeśli wykryty zostanie początek transmisji radiowej, to modem zostanie przełączony w tryb odbiornika, sygnałem CTS zostanie zablokowana możliwość wysyłania danych do modemu przez komputer. Odbierane bajty są zapisywane w buforze RX, a następnie wysyłane do układu FT232B poprzez który trafiają do komputera. Po odebraniu całego pakietu modem przechodzi w tryb czuwania ponownie analizując sygnały pochodzące z toru radiowego i komputera. Na czas odbioru pakietu danych zostaje zapalona dioda D2 (zielona).

Równolegle ze sprawdzaniem toru radiowego mikrokontroler sprawdza, czy nie są wysyłane dane przez komputer. Odbiór danych z komputera odbywa się poprzez sprzęto-

wy sterownik transmisji szeregowej, dzięki czemu cały bajt jest odbierany niezależnie od jednostki centralnej mikrokontrolera (analogicznie wysyłanie danych do komputera sprowadza się do wpisu do rejestru sterownika sprzętowego).

Jeśli poprzez port szeregowy zostanie odebrany bajt danych, to modem odbiera kolejne bajty, aż do zapełnienia wewnętrznego bufora (54 bajty) lub przerwy pomiędzy kolejnymi bajtami dłuższej niż założona (timeout). Za pomocą zworki JP1 można zmieniać ten czas dopasowując modem do danego terminala. Jeśli zworka będzie rozwarta, to czas timeout wynosi 15 ms, jeśli zaś będzie zwarta, to czas ten odpowiada wysłaniu pięciu bajtów, co dla prędkości 57600 bps wynosi około 870 μ s. W praktyce oznacza to, że po wysłaniu do modemu jednego bajta drogą radiową zostanie on wysłany dopiero po czasie 15 ms dla przypadku pierwszego i po 870 μ s dla przypadku drugiego. Zróżnicowanie czasu timeout zostało wprowadzone, ponieważ w programie Hyperterminal przy wysyłaniu pliku czas pomiędzy poszczególnymi bajtami wynosi około

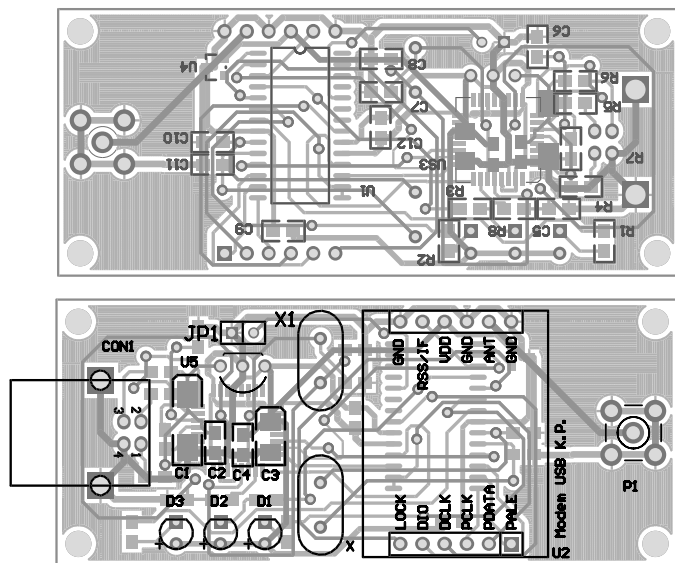
12 ms, natomiast w przypadku, na przykład terminala „ByBray” kolejne bajty wysyłane są bez przerw. Dlatego aby przyspieszyć proces przesyłania danych w zależności od zastosowanego programu należy wybrać odpowiedni czas, gdyż zastosowanie dla Hyperterminala czasu 870 μ s będzie powodowało, że z powodu długich przerw pomiędzy kolejnymi bajtami, po każdym bajcie modem będzie wstrzymywał transmisję i wysyłał odebrany bajt torem radiowym. Natomiast zastosowanie wydłużonego czasu timeout dla „Terminala ByBray” spowoduje niepotrzebne oczekiwanie czasu 15 ms na zakończenie transmisji, gdy fakt ten można stwierdzić już po czasie 870 μ s.

Po wykryciu jednego ze stanów (przekroczenia czasu lub zapełnienia bufora) następuje zatrzymanie wysyłania danych przez komputer (sygnałem CTS), a modem zostaje przełączony w tryb nadawania. W trybie tym zostaje zapalona dioda D3 (czerwona). Po wysłaniu pakietu danych modem przechodzi w tryb czuwania oczekując na kolejne dane radiowe i szeregowo z komputera.

Oprogramowanie sterujące mikrokontrolerem nie kontroluje poprawności przesłanych danych poprzez dodatkowe bajty sumy kontrolnej lub CRC, gdyż w przypadku wykrycia błędów w transmisji modem pracujący w trybie odbioru musiałby zostać przełączony w tryb nadawania i wysłać do modemu nadawczego informację o tym fakcie. Jednak modem nadawczy w tym momencie może wysłać kolejne dane, co uniemożliwi odebranie tej informacji, a dodatkowo zostałyby utracone kolejne dane, gdyż modem odbiorczy byłby w trybie nadawania. Dlatego jeśli zachodzi potrzeba kontrolowania poprawności transmisji procedurę taką musi wykonywać aplikacja sterująca pracą modemów dodając do każdego pakietu danych dodatkowe informacje kontrolne.

Montaż

Modem został zmontowany na płycie dwustronnej, której widok jest przedstawiony na **rys. 5**. Ponieważ w modemie zostały użyte głównie elementy SMD montaż należy przeprowadzić bardzo precyzyjnie. Ponadto w celu zmniejszenia wymiarów płytki elementy zostały rozmieszczone

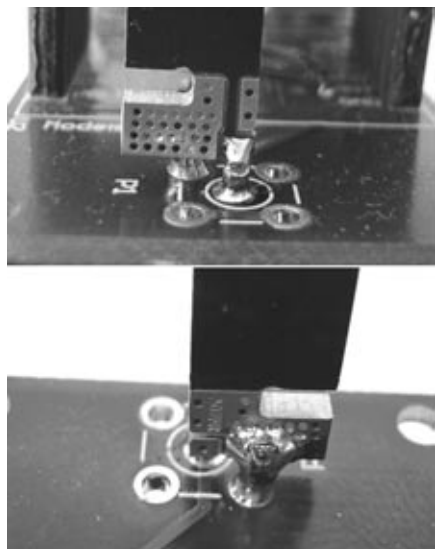


Rys. 5. Rozmieszczenie elementów na płytce modemu

po obu stronach płytki, co dodatkowo komplikuje montaż. Jednak dzięki temu wymiary płytki mogły zostać zmniejszone niemalże o połowę.

Montaż należy rozpocząć od elementów umieszczonych od „strony lutowania” (Bottom Layer). W pierwszej kolejności należy wlutować układy scalone (U1, U3, U4), a następnie rezystory i kondensatory.

Na stronie elementów (Top Layer) znajdują się zarówno elementy SMD jak również przewlekane. W pierwszej kolejności należy wlutować kondensatory C1...C4, następnie rezonatory kwarcowe, dalej układ U5 i zworkę JP1. Na końcu należy wlutować złącze CON1 oraz diody świecące. Moduł radiowy można wlutować bezpośrednio w płytkę, co zmniejszy wysokość modemu, jednak zalecane jest zastosowanie podstawki, co z kolei umożliwi bezpieczniejszy montaż modułu i ewentualny demontaż. Do montażu anteny przewidziane zostało złącze typu SMA, jednak ze względu na jej koszt zastosowana została antena innego typu, przystosowana do bezpośredniego wlutowania w płytkę. Z uwagi na to, w miejsce złącza SMA należy wlutować dwa krótkie odcinki drutu miedzianego, a następnie do nich dolutować antenę. Szczegóły montażu anteny przedstawia rys. 6. Do pracy wymagane są co najmniej dwa modemy, dlatego należy zmontować w analogiczny sposób drugi egzemplarz. Po zmontowaniu obu egzemplarzy można przejść do procedury uruchamiania. Współpracujących ze sobą modemów może być kilka, jednak w tym samym czasie może nadać tylko jeden, a pozostałe mogą odbierać równolegle dane. Może to być wykorzystane do wysyłania, na przykład wyników pomiarów do kilku komputerów jednocześnie.



Rys. 6. Sposób montażu anteny

wanie podstawki, co z kolei umożliwi bezpieczniejszy montaż modułu i ewentualny demontaż. Do montażu anteny przewidziane zostało złącze typu SMA, jednak ze względu na jej koszt zastosowana została antena innego typu, przystosowana do bezpośredniego wlutowania w płytkę. Z uwagi na to, w miejsce złącza SMA należy wlutować dwa krótkie odcinki drutu miedzianego, a następnie do nich dolutować antenę. Szczegóły montażu anteny przedstawia rys. 6. Do pracy wymagane są co najmniej dwa modemy, dlatego należy zmontować w analogiczny sposób drugi egzemplarz. Po zmontowaniu obu egzemplarzy można przejść do procedury uruchamiania. Współpracujących ze sobą modemów może być kilka, jednak w tym samym czasie może nadać tylko jeden, a pozostałe mogą odbierać równolegle dane. Może to być wykorzystane do wysyłania, na przykład wyników pomiarów do kilku komputerów jednocześnie.

Instalacja

Zmontowany modem należy podłączyć do komputera kablem USB A-B, po podłączeniu system operacyjny wykryje dołączenie konwertera USB<->RS232 i zainicjuje procedurę instalacji sterowników (znajdują się na stronie producenta www.ftdichip.com/Files/R9052151.zip). W otwartym oknie należy wybrać „Zainstaluj z listy lub określonej lokalizacji”. W nowo otwartym oknie należy wskazać ścieżkę dostępu do sterowników (rys. 7). Następnie zostanie wykryty port

szeregowy USB i analogicznie należy wskazać ścieżkę dostępu do katalogu zawierającego sterowniki. Po tych czynnościach w systemie będzie widoczny dodatkowy port szeregowy, poprzez który będzie można komunikować się z modemem. Do przesyłania danych tekstowych można zastosować Hyperterminal, jednak do prezentacji bardziej nadaje się nieco inny terminal, który można pobrać ze strony <http://bray.veleje.cx/avr/terminal/dl.php>. Jest to darmowy terminal o możliwościach większych niż ten, w który jest wyposażony system Windows. Okno terminala jest przedstawione na rys. 8. Parametry transmisji muszą być ustawione następująco: prędkość 57600 bps, jeden bit stopu, bez parzystości, sterowanie przepływem danych – sprzętowe.

Po skonfigurowaniu programu na dwóch komputerach można

SPIS ELEMENTÓW

Rezystory

R1...R3: 220Ω 0805
R4: 10Ω 0805
R5, R6: 27Ω 0805
R7: 1,5kΩ 0805
R8: 470Ω 0805

Kondensatory

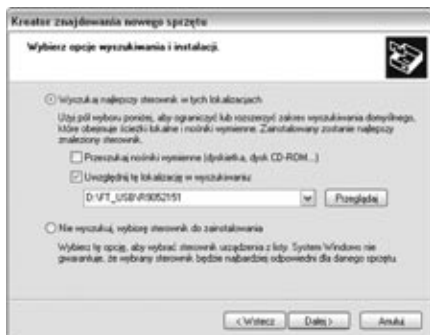
C1: 2,2μF/35V 6032
C2: 100nF 0805
C3: 10μF/10V 3528
C4: 100nF 0805
C5: 100nF 0805
C6: 33nF 0805
C7, C8: 15pF 0805
C9: 100nF 0805
C10, C11: 15pF 0805
C12: 100nF 0805

Półprzewodniki

D1: LED 3mm żółta
D2: LED 3mm zielona
D3: LED 3mm czerwona
U1: PIC16LF876A SO28 zaprogramowany
U2: Moduł radiowy CC1000PP
U3: FT232BM
U4: MCP100-270 SOT23
U5: LP2950-3.0 TO92

Inne

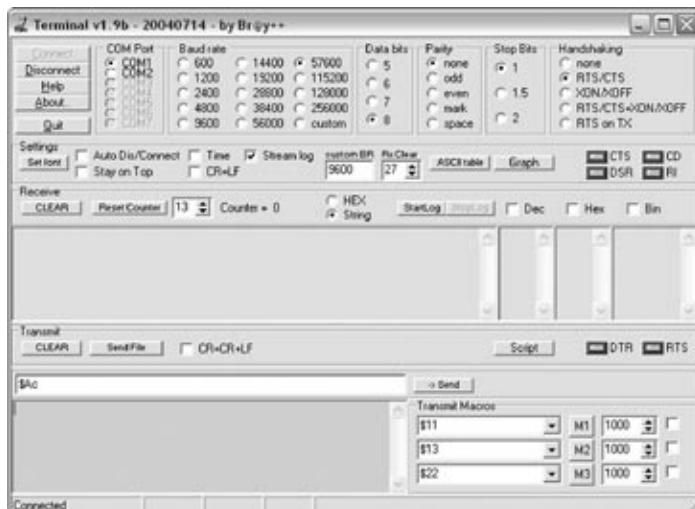
JP1: Goldpin 1x2 + zworka
CON1: Gniazdo USB-B
X: kwarc 10MHz niskoprofilowy
X1: kwarc 6MHz niskoprofilowy
Antena 433MHz - TCA07FRE (Tri-COME) -1szt.
Goldpin żeński 1x6- 2szt.



Rys. 7. Okno instalatora Windows wskazujące katalog ze sterownikami

przejsć do przetestowania komunikacji. Terminal By Bray posiada dwa okna edycyjne: w górnym oknie będą pojawiały się dane odbierane przez modem, natomiast w dolnym dane wysyłane do modemu (znaki wpisywane z klawiatury). W ten sposób można

W ofercie handlowej AVT są dostępne:
 - [AVT-381A+] płytka drukowana z zaprogramowanym układem PIC16LF876A
 - moduły radiowe CC1000PP



Rys. 8. Ustawienie parametrów terminala

przewodzą rozmowę w podobny sposób jak to ma miejsce w komunikatorach internetowych, tylko że w tym przypadku komputery nie muszą posiadać dostępu do Internetu. W czasie rozmowy należy przestrzegać zasady: w danym czasie pisać może tyl-

ko jedna osoba, w przeciwnym przypadku część danych zostanie „zgubiona”. Wynika to z trybu pracy modemu – w tym samym czasie transmisja może przebiegać tylko w jedną stronę.

Krzysztof Pławsiuk, EP
 krzysztof.plawsiuk@ep.com.pl



AUTOMATYKA PRZEMYSŁOWA I ELEKTROTECHNIKA KOLEJOWA

- bezstykowe czujniki zbliżeniowe
- tachometry
- liczniki impulsów i czasu
- wskaźniki temperatury
- wskaźniki prądu i napięcia
- układy kontroli ruchu
- zasilacze przemysłowe 24VDC
- przekaźniki czasowe
- styczniki AC i DC
- złącza przemysłowe
- przełączniki i inne elementy stykowe
- sterowniki SIMATIC S7-200, S7-300
- falowniki SINAMICS, MICROMASTER
- panele operatorskie SIMATIC HMI
- moduły logiczne LOGO!
- przetworniki obrotowo-impulsowe

**Warsztaty z zakresu
SIMATIC S7-200**

Więcej szczegółowych informacji:

IMPOL-1 Sp.j.
 02-255 Warszawa
 ul. Krakowiaków 103
 tel. (22) 886-56-02
 fax (22) 886-56-04
 www.impol-1.pl

Zapraszamy do naszego stoiska J-2 w Hali II na targach AUTOMATICON 2005